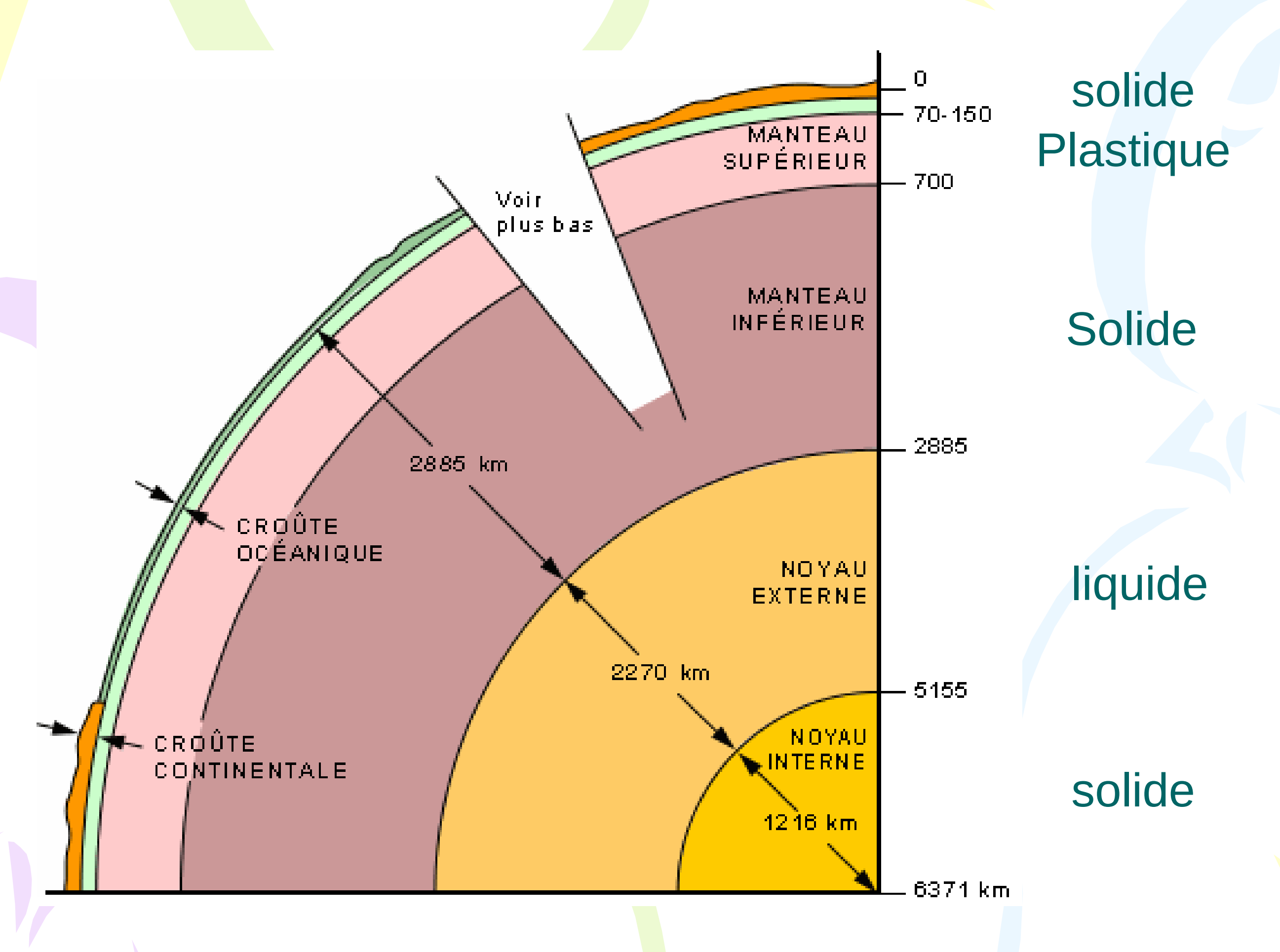

Cours de Géologie
BCG, Première Année

PARTIE I : GEODYNAMIQUE INTERNE

- ✓STRUCTURE INTRENE DE LA TERRE
- ✓DERIVE DES CONTINENTS
- ✓THEORIE DE LA TECTONIQUE DES PLAQUES
- ✓PALEOMAGNETISME
- ✓SEISMES
- ✓VOLCANS
- ✓CHAINES DE MONTAGNES
- ✓ROCHES MAGMATIQUES
- ✓ROCHES METAMORPHIQUES
- ✓MINERAUX DE L'ECORCE TERRESTRE


STRUCTURE INTERNE DE LA TERRE

Structure interne de la Terre



solide

Plastique

Solide

liquide

solide

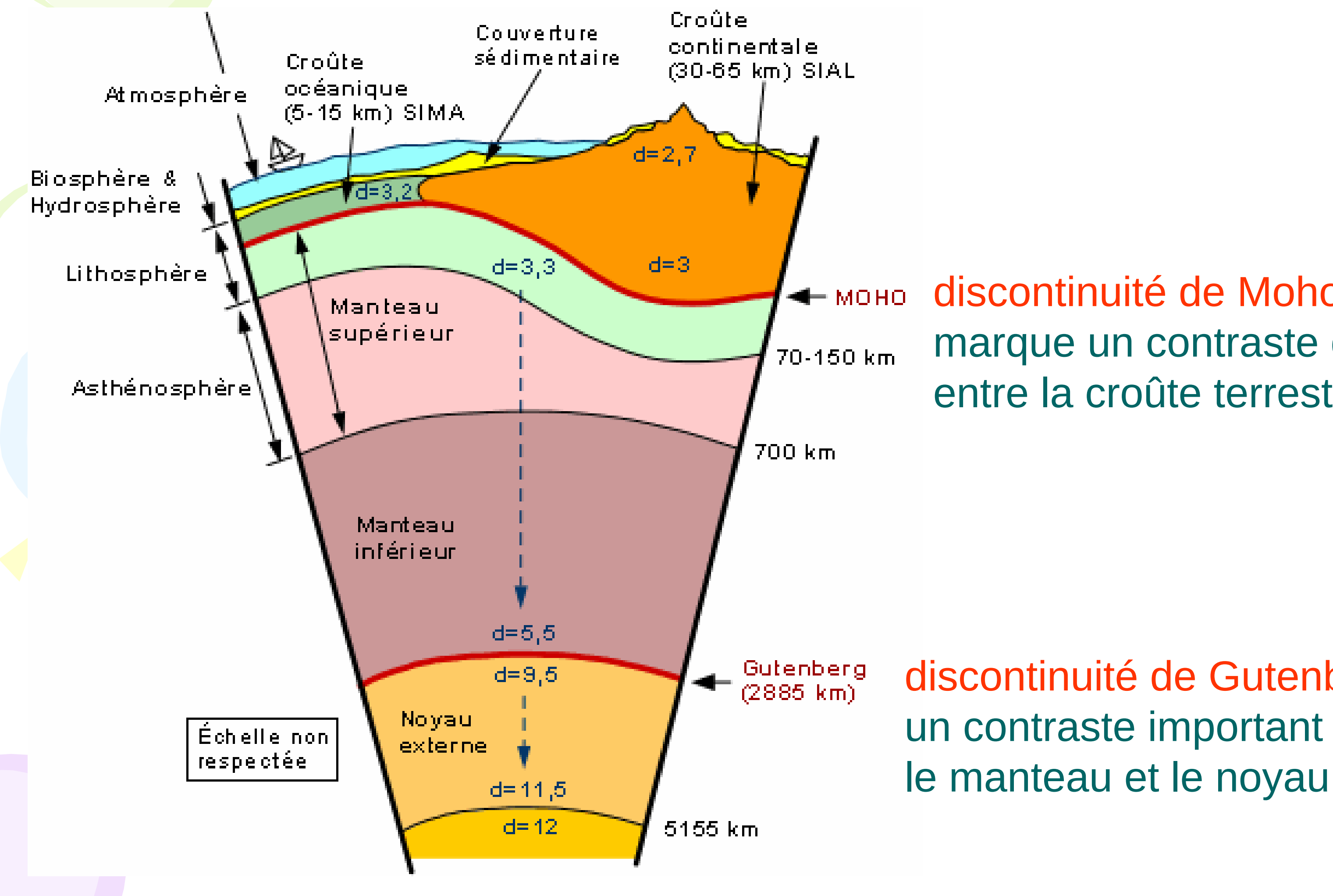
L'intérieur de la Terre est constitué d'une succession de couches de propriétés physiques différentes

Noyau : 17% en volume

Manteau : 81 %

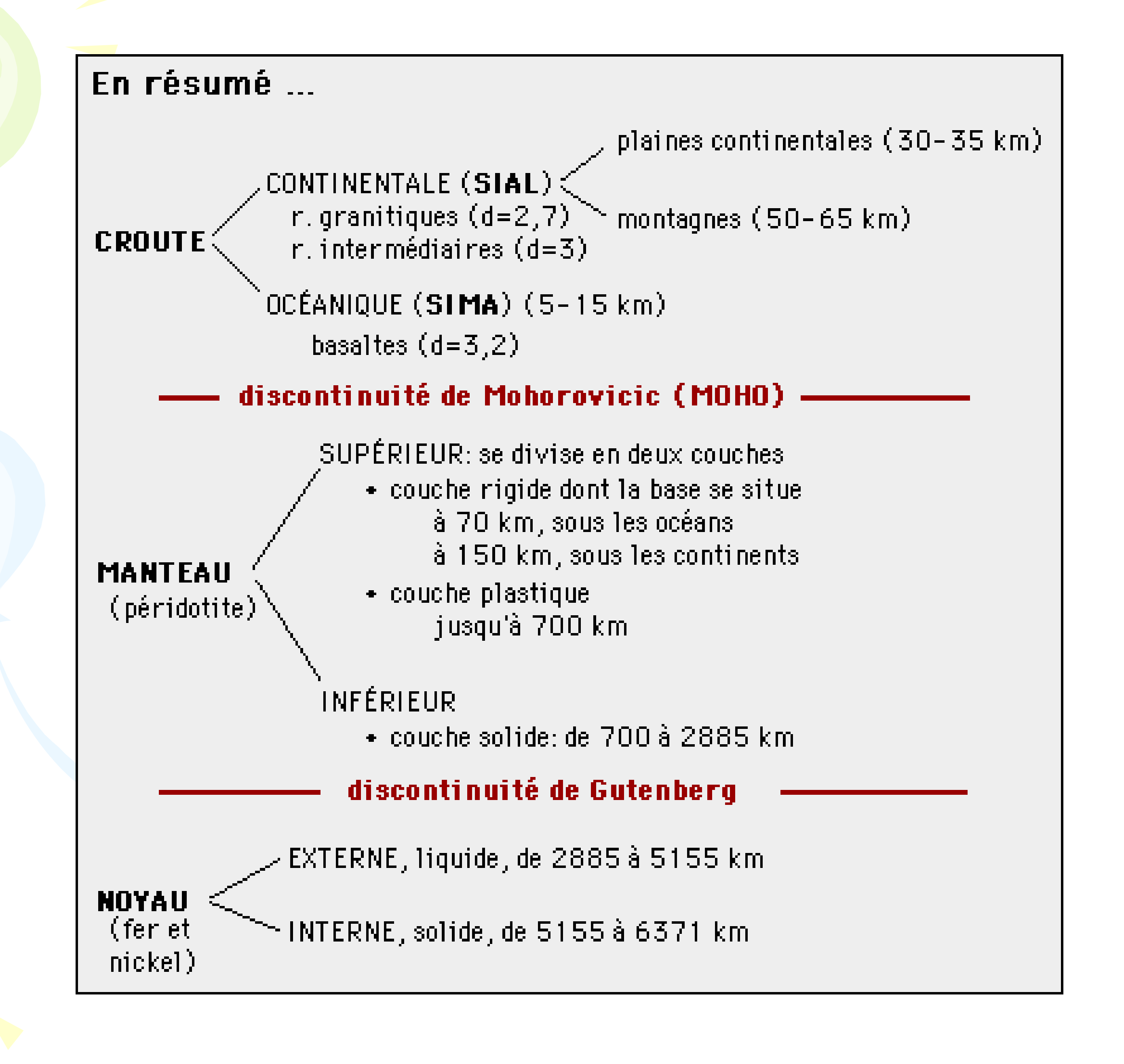
Ecorce ou croûte : 2 %

Structure interne de la Terre



discontinuité de Mohorovicic (moho), marque un contraste de densité entre la croûte terrestre et le manteau

discontinuité de Gutenberg, marque un contraste important de densité entre le manteau et le noyau



En résumé ...
CROUTE
CONTINENTALE (SIAL)
r. granitiques (d=2,7)
r. intermédiaires (d=3)
plaines continentales (30-35 km)
montagnes (50-65 km)
OCÉANIQUE (SIMA) (5-15 km)
basaltes (d=3,2)
discontinuité de Mohorovicic (MOHO)
MANTEAU
(péridotite)
SUPÉRIEUR: se divise en deux couches
• couche rigide dont la base se situe
à 70 km, sous les océans
à 150 km, sous les continents
• couche plastique
jusqu'à 700 km
INFÉRIEUR
• couche solide: de 700 à 2885 km
discontinuité de Gutenberg
NOYAU
(fer et
nickel)
EXTERNE, liquide, de 2885 à 5155 km
INTERNE, solide, de 5155 à 6371 km

- L'intérieur de la Terre a été établie à partir du comportement des ondes sismiques lors des tremblements de terre.

- Les sismologues Mohorovicic et Gutenberg ont réussi à déterminer l'état et la densité des couches par l'étude du comportement des ondes sismiques

- La vitesse de propagation des ondes sismiques est fonction de l'état et de la densité de la matière

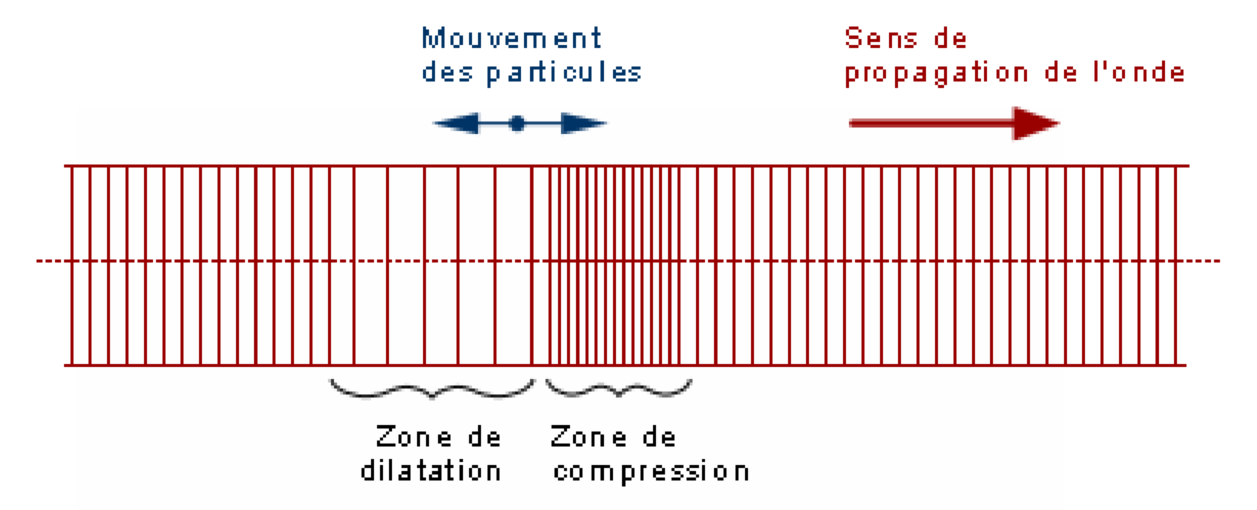
- Il existe deux grands domaines de propagations des ondes :

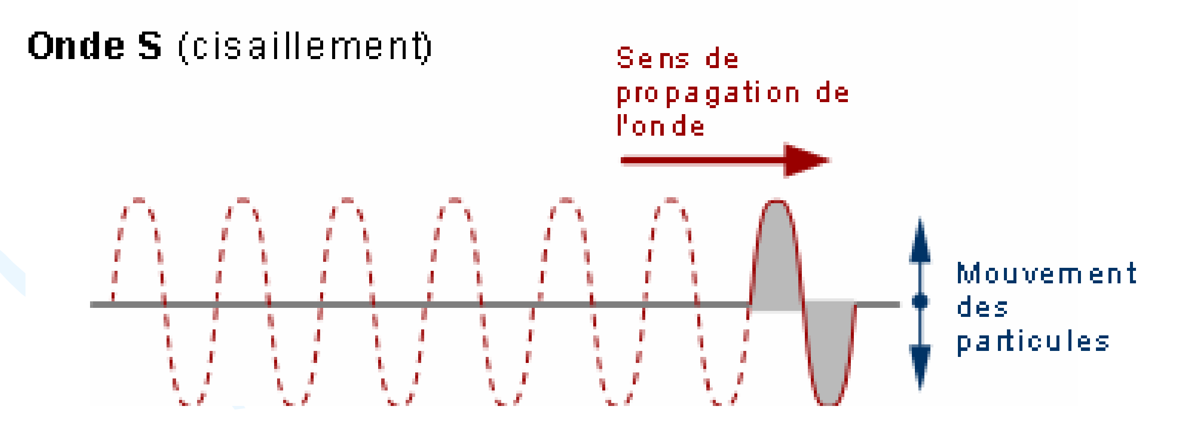
    les ondes de surface qui se propagent à la surface du globe

    les ondes de fond qui se propagent à l'intérieur de la terre

        les ondes de cisaillement ou ondes S, se propagent dans les solides

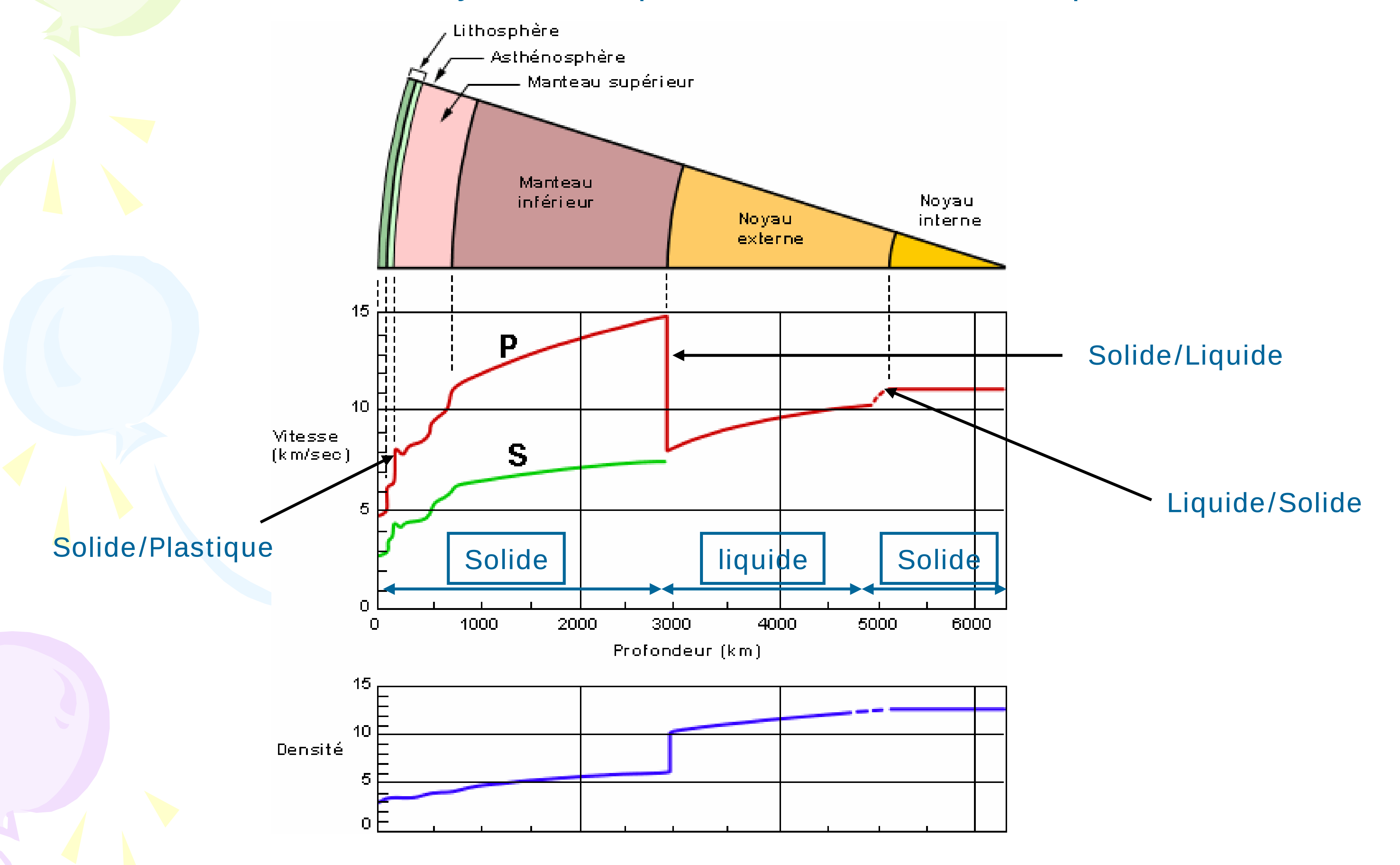
        les ondes de compression ou ondes P, se propagent dans les solides, liquides et gaz





la vitesse de propagation des ondes sismiques est proportionnelle à la densité du matériel dans lequel elles se propagent

La structure interne de la Terre, ainsi que l'état et la densité de la matière, ont été déduits de l'analyse du comportement des ondes sismiques

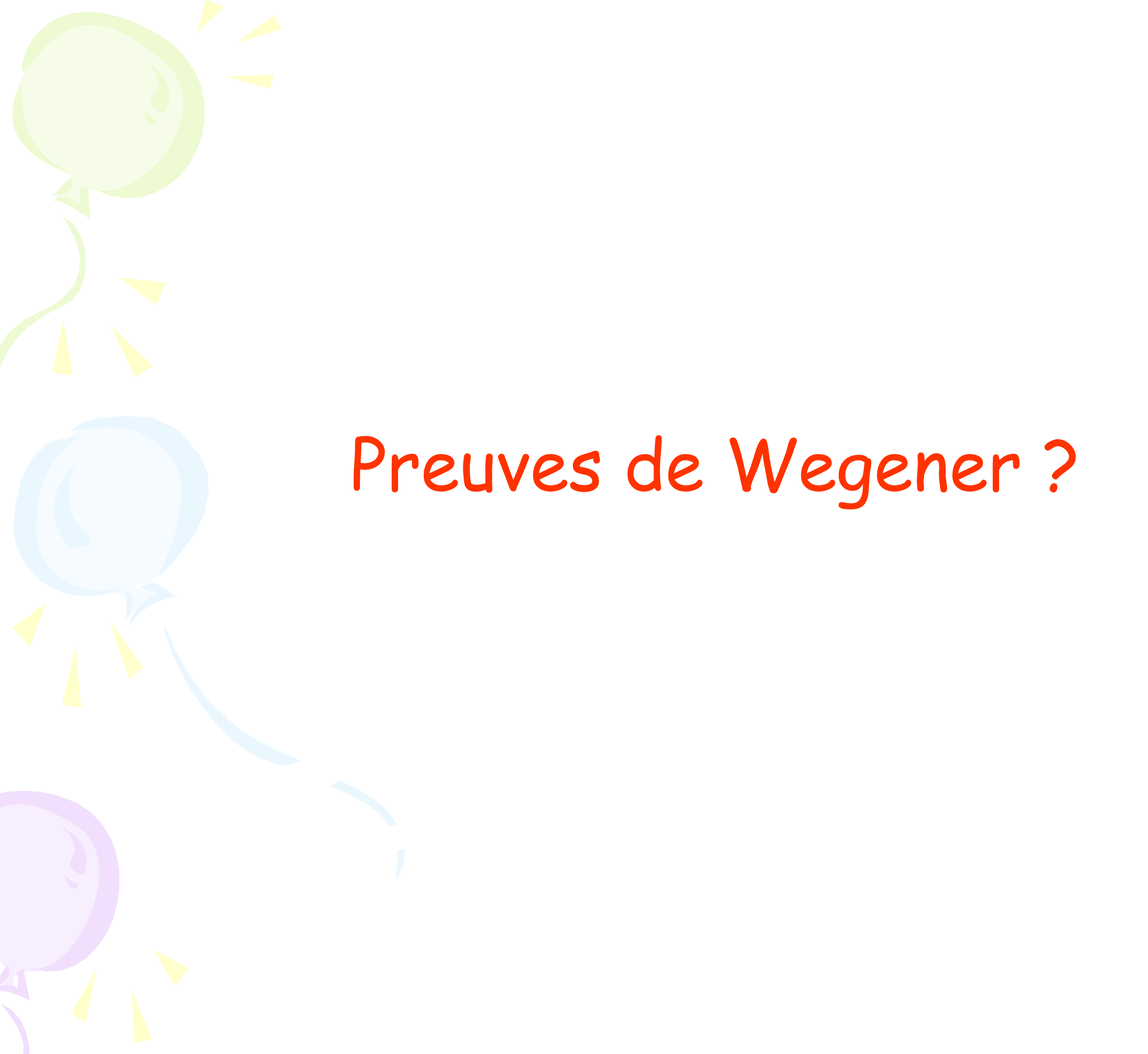




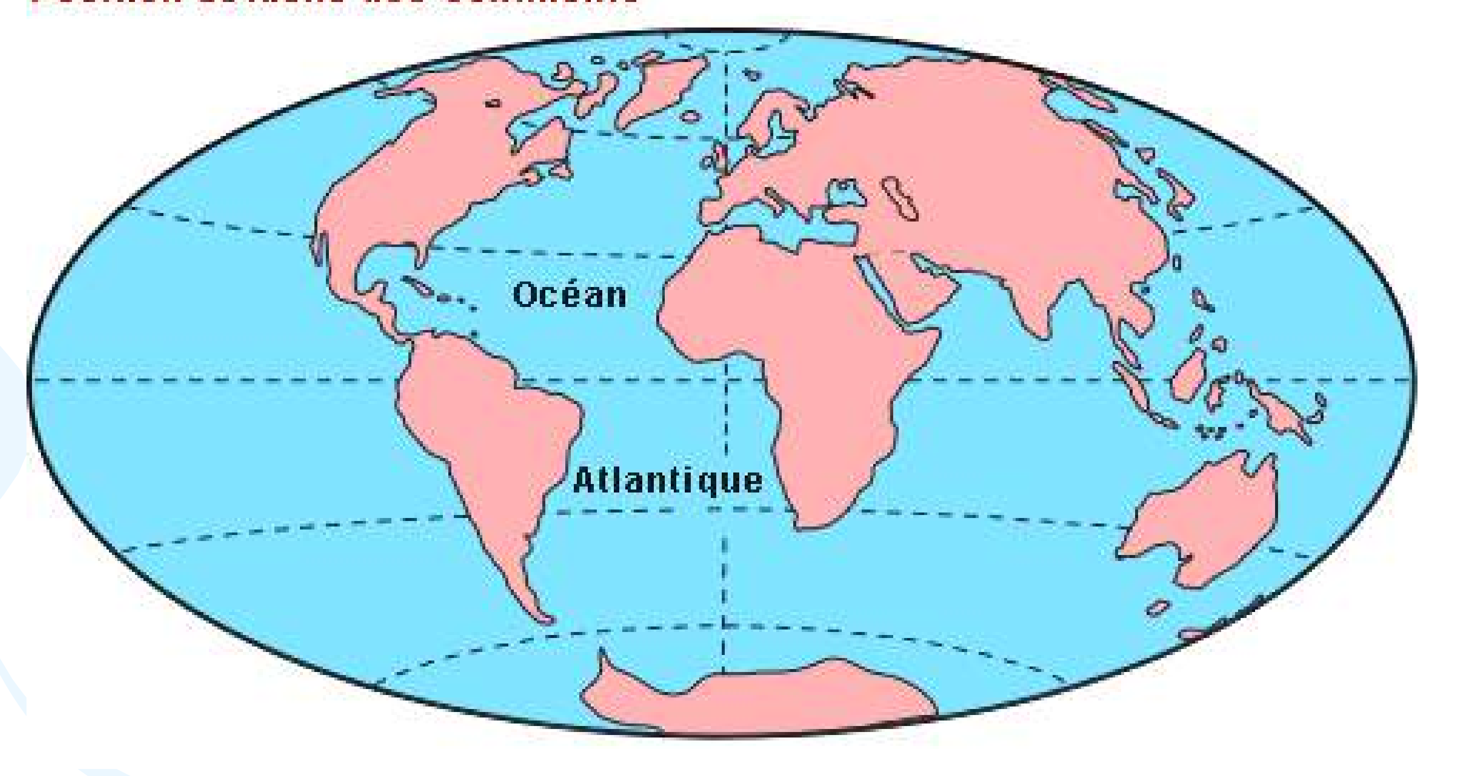
THEORIE DE LA DERIVE DES CONTINENTS

Drive des continents ?

La dérive des continents est une théorie proposée au début du 20ème siècle par le physicien-météorologue A. Wegener, pour tenter d'expliquer la similitude dans le tracé des côtes (par exemple, de part et d'autre de l'Atlantique).

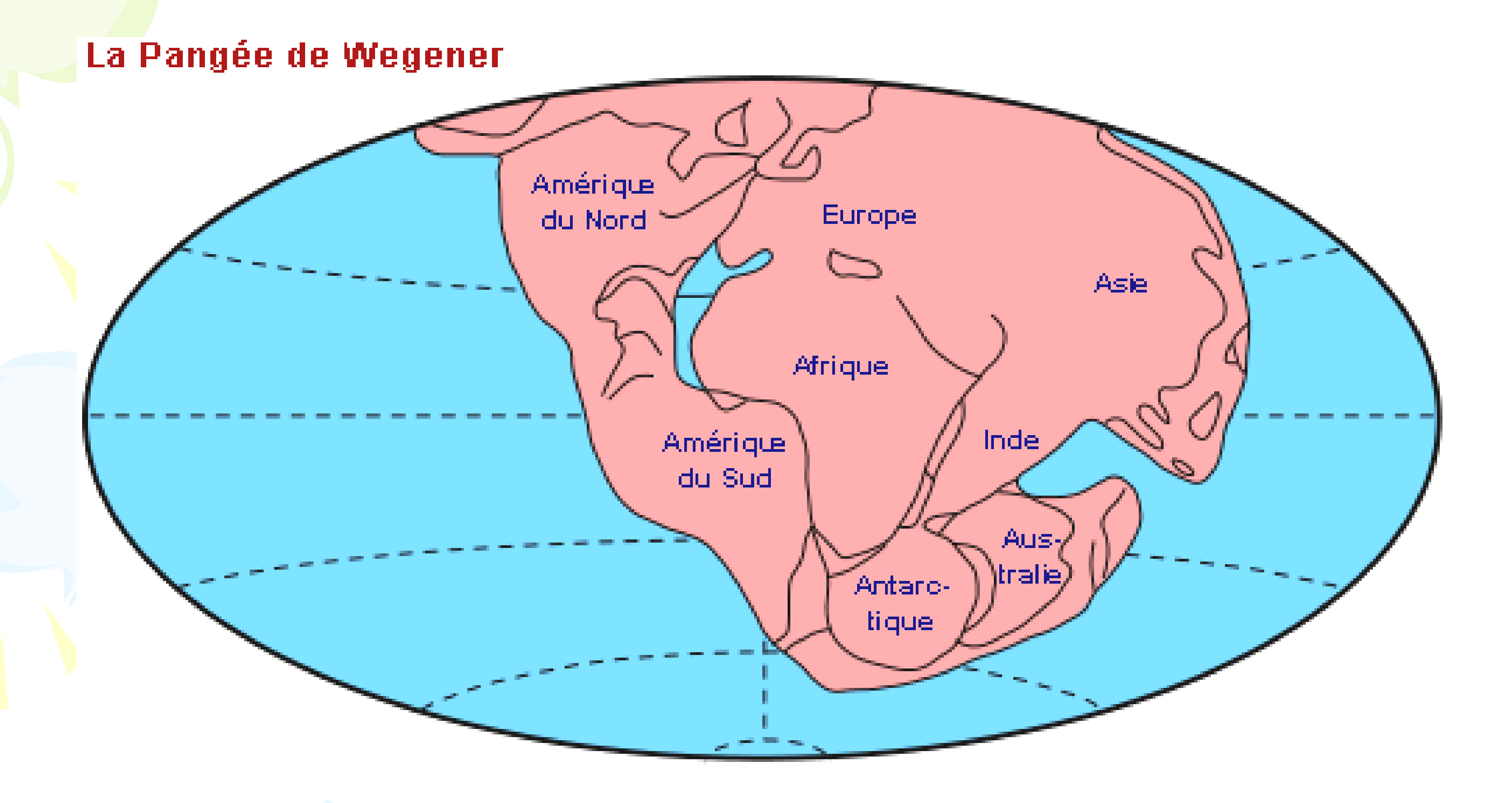


Preuves de Wegener ?



Parallélisme des lignes côtières entre l'Amérique du Sud et l'Afrique.

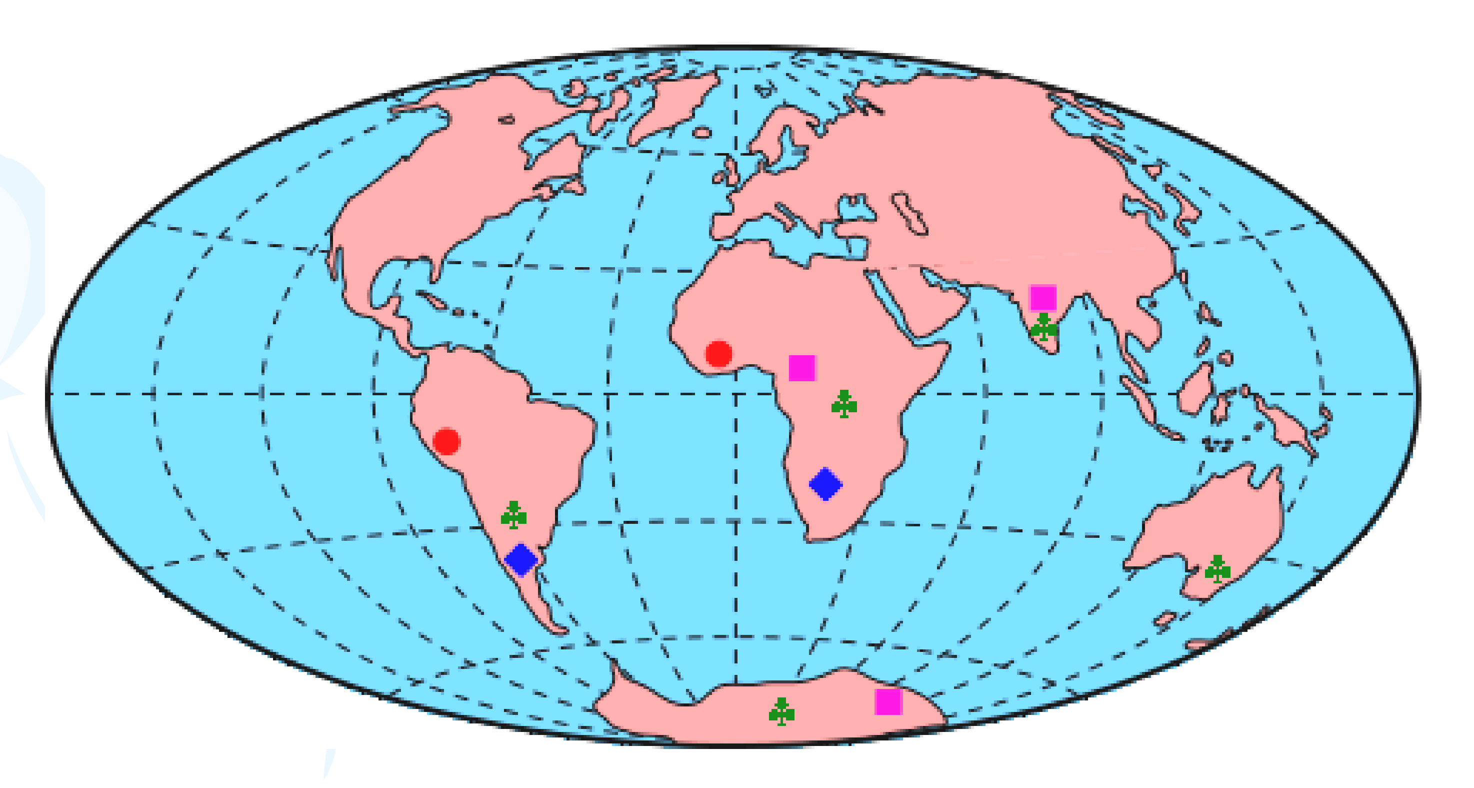
(constatation de le météorologue Wegener depuis 1903)



La reconstitution de Wegener montre que toutes les masses continentales ont été réunies en un seul mégacontinent appelé **Pangée**

Répartition de certains fossiles

- Cynognathus: reptile prédateur terrestre ayant vécu il y a 240 Ma
- Mesosaurus: petit reptile de lacs d'eau douce, il y a 260 Ma
- Lystrosaurus: reptile terrestre ayant vécu il y a 240 Ma
- Glossopteris: plante terrestre d'il y a 240 Ma



de part et d'autre de l'Atlantique, sur les continents actuels, existent des fossiles de plantes et d'animaux terrestres datant de 240 à 260 Ma.

Répartition de certains fossiles



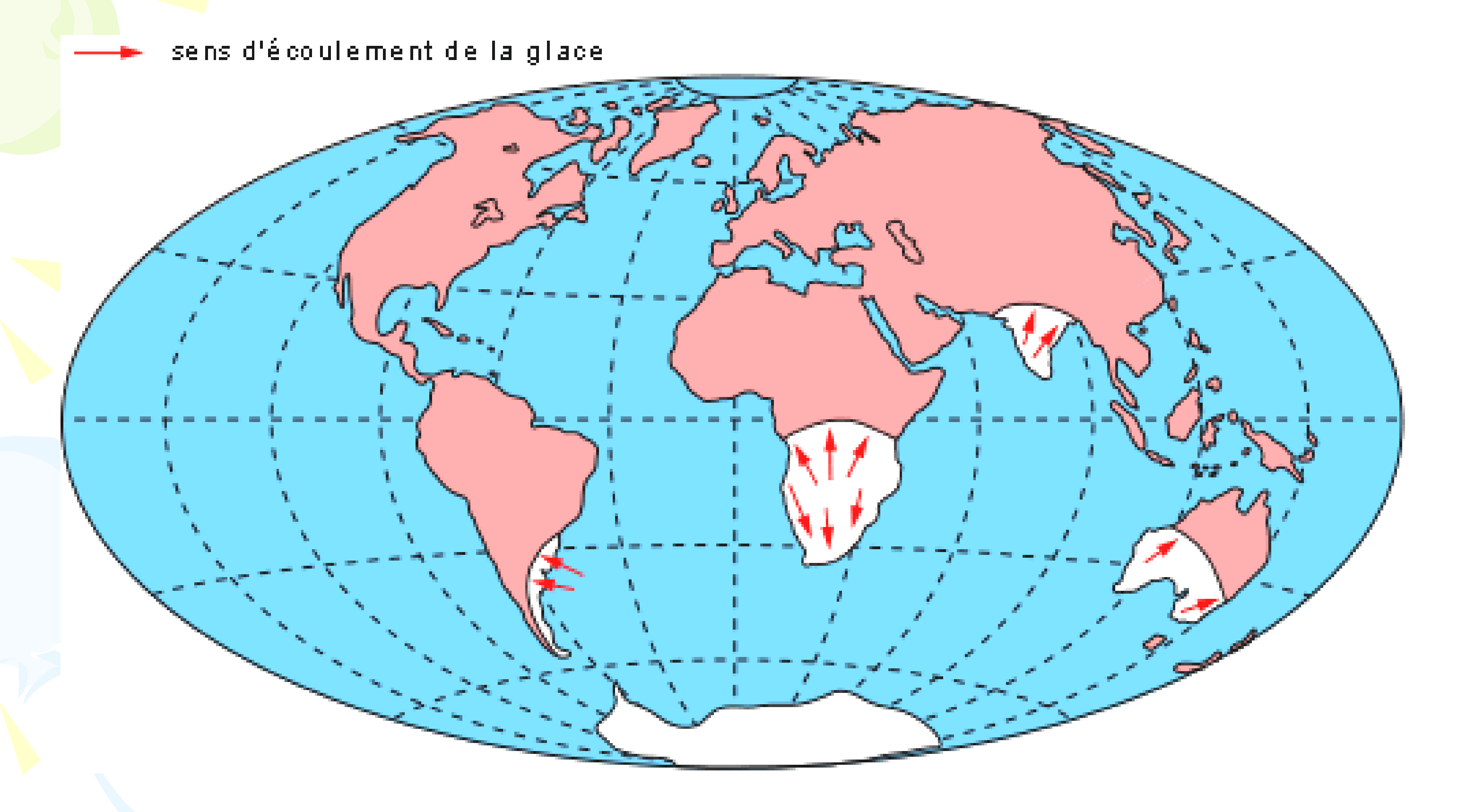
Ces organismes n'avaient pas la capacité de traverser un si large océan.
On doit donc concevoir qu'autrefois tous ces continents n'en formaient qu'un seul

La distribution des espèces fossiles est, pour Wegener, un argument préalable.

Il cite par exemple, un reptile, le **MESOSAURUS**, dont on retrouve les traces au Brésil et en Afrique du Sud. Datés d'environ 280 millions d'années, les fossiles sont distribués de part et d'autre de l'Atlantique.

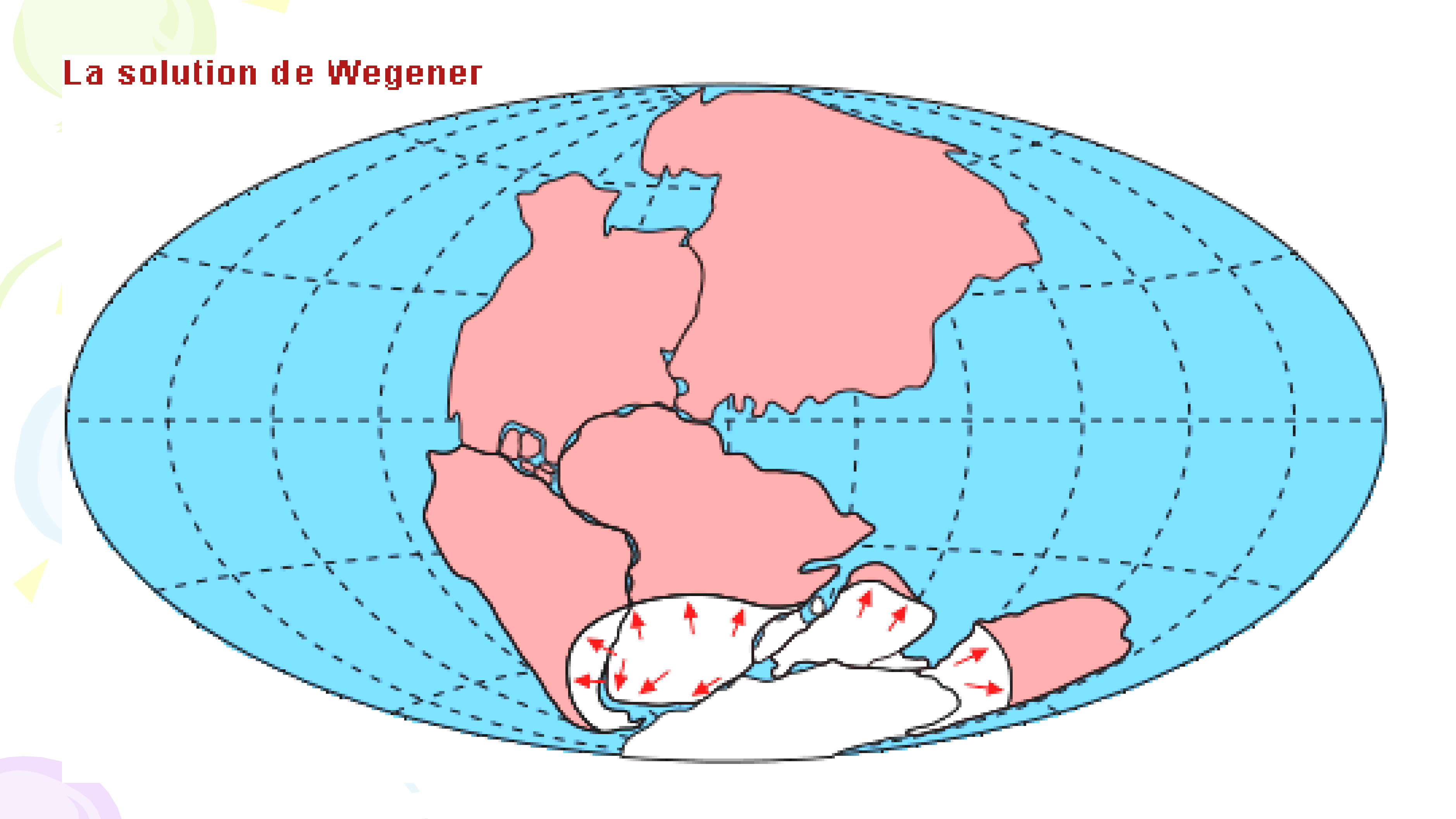
Certains fossiles de fougères « **GLOSSOPTERIS** » existent En Amérique du S en Afrique, en Inde, en Australie et en Antarctique.

Les traces d'anciennes glaciations

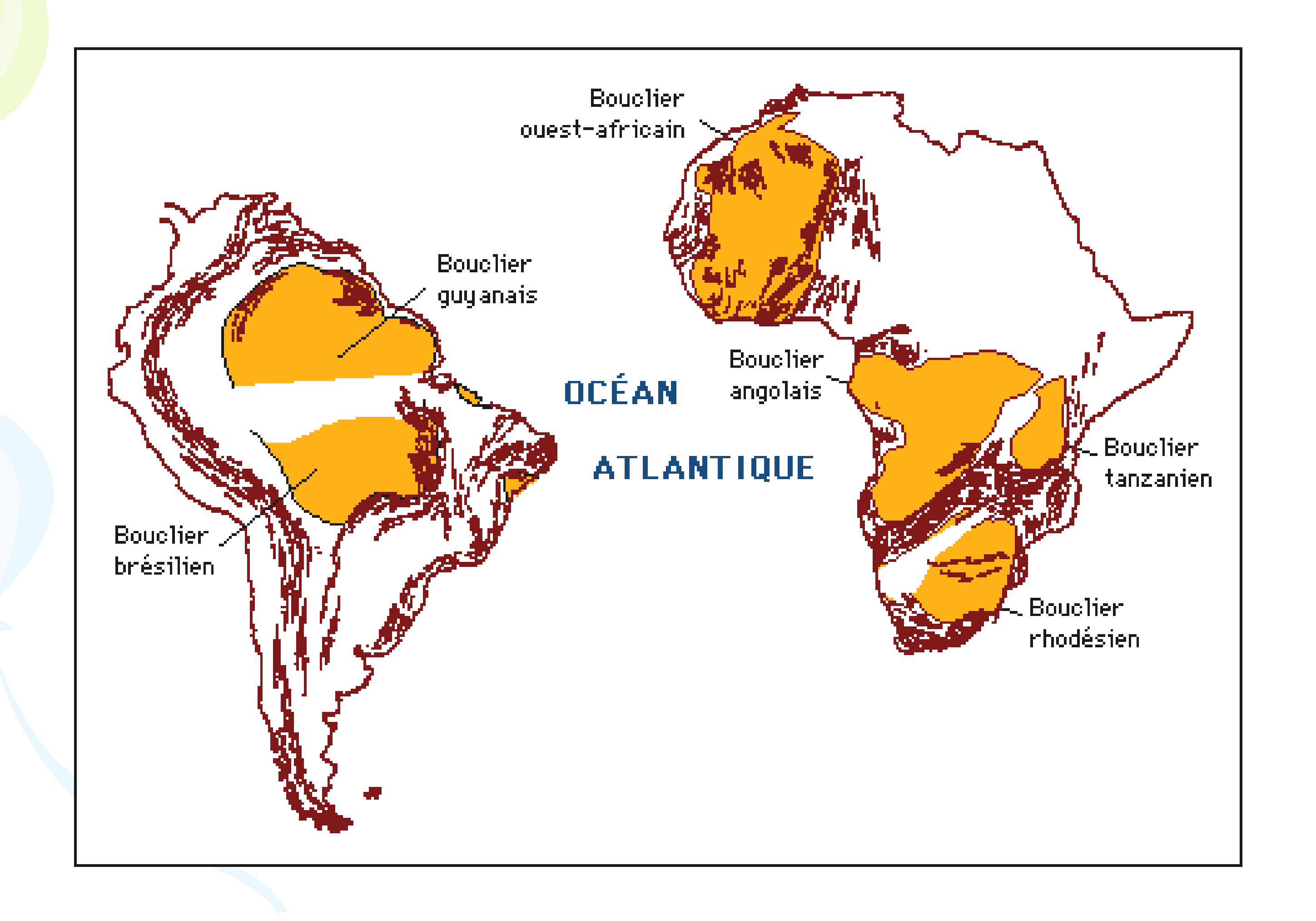


❖certaines portions des continents actuels contiennent, des marques de glaciation datant de 250 millions d'années, indiquant que ces portions de continents ont été recouvertes par une calotte glaciaire.

❖Il est improbable de trouver des glaciations sur des continents se trouvant dans la zone tropicale (Afrique du sud et inde)

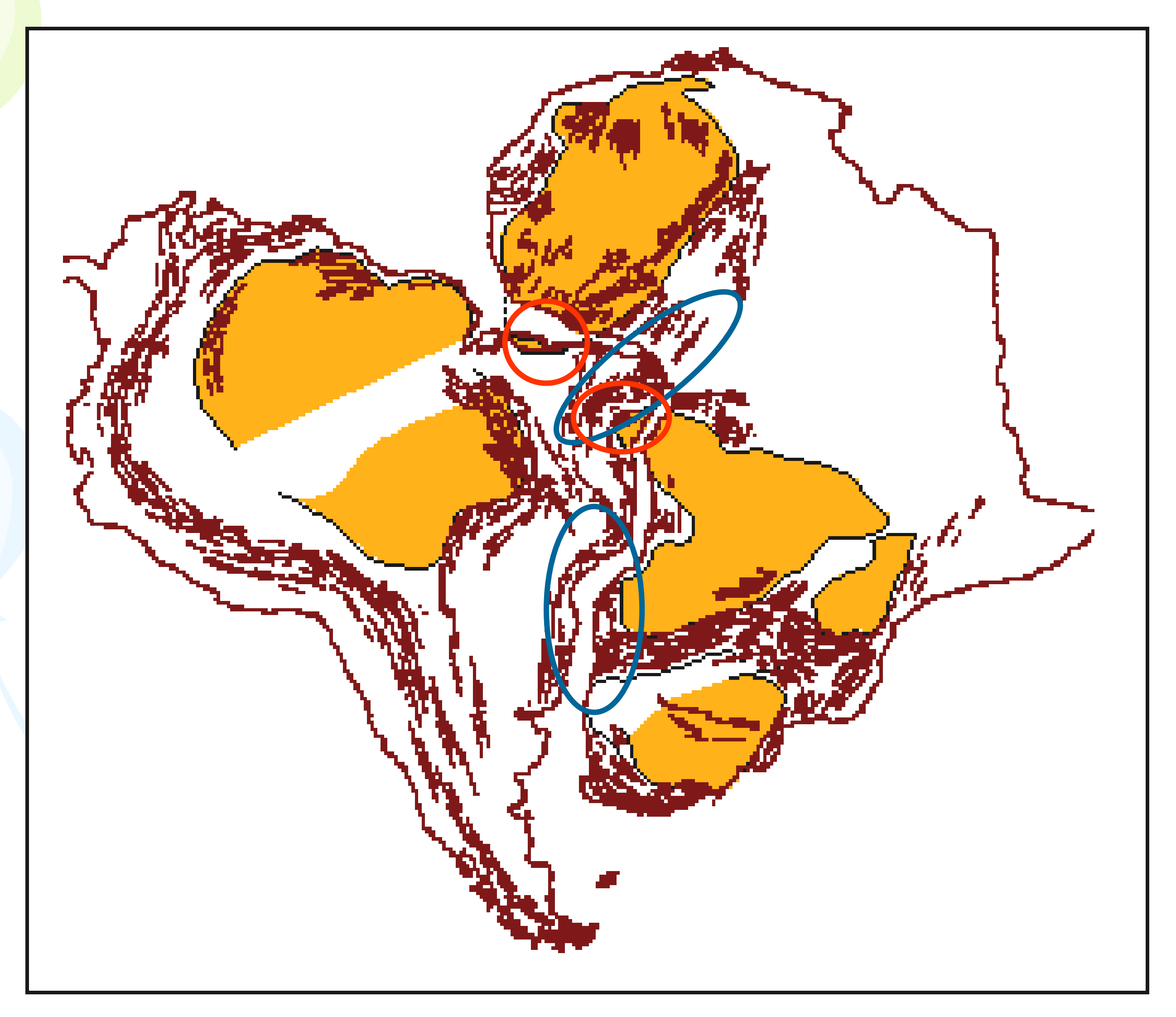


le pôle Sud était recouvert d'une calotte glaciaire et l'écoulement de la glace se faisait en périphérie de la calotte



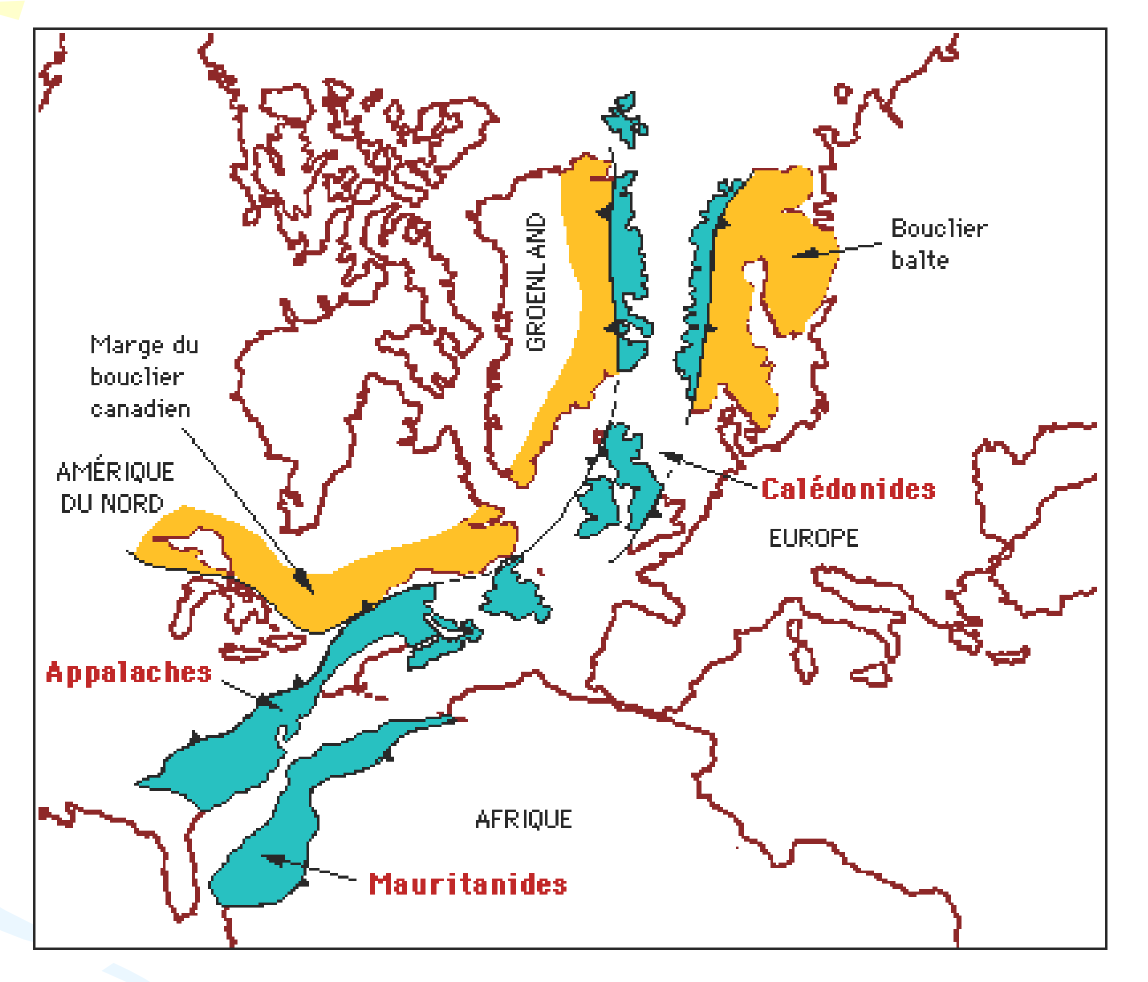
Concordance entre les structures géologiques à l'intérieur des continents : Boucliers (2 Ga) et chaînes de montagnes (450 à 650 Ma).

Solution de Wegener



Concordance entre chaînes de montagnes (structures géologiques)

Concordance entre boucliers



Les trois chaînes de montagnes, Appalaches (Est de l'Amérique du Nord), Mauritanides (nord-ouest de l'Afrique) et Calédonides (Iles Britanniques, Scandinavie), ne forment qu'une seule chaîne continue si on rapproche les continents à la manière de Wegener

Age de formation : 470 et 350 Ma

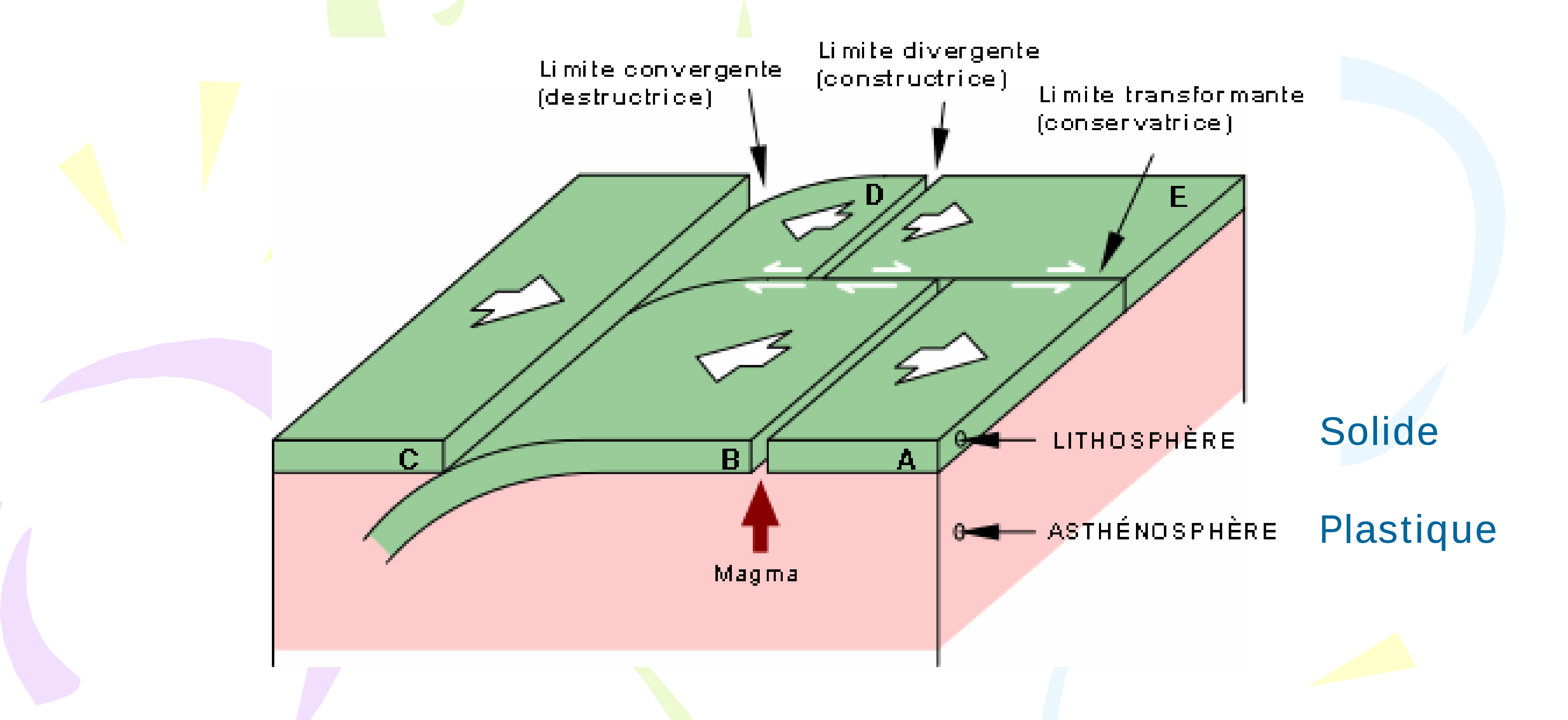
Les contemporains de Wegener n'ont pas été convaincus
de cette proposition révolutionnaire de la dérive des continents.
Le problème majeur, c'est qu'il ne proposait aucun mécanisme
pour expliquer la dérive.

Il démontrait bien que la répartition actuelle de certains fossiles,
de traces d'anciennes glaciations ou de certaines structures
géologiques soulevaient des questions importantes auxquelles
il fallait trouver des explications

Il faut signaler que l'hypothèse de Wegener était une hypothèse génératrice de sciences, parce que les questions soulevées sont suffisamment sérieuses et fondées sur des faits réels pour qu'on s'attaque à y répondre. Mais il aura fallu attendre plus de 40 ans pour que les idées de Wegener refassent surface et qu'on se mette à la recherche du mécanisme de la dérive.

Il avait manqué à Wegener les données fondamentales sur la structure interne de la Terre.

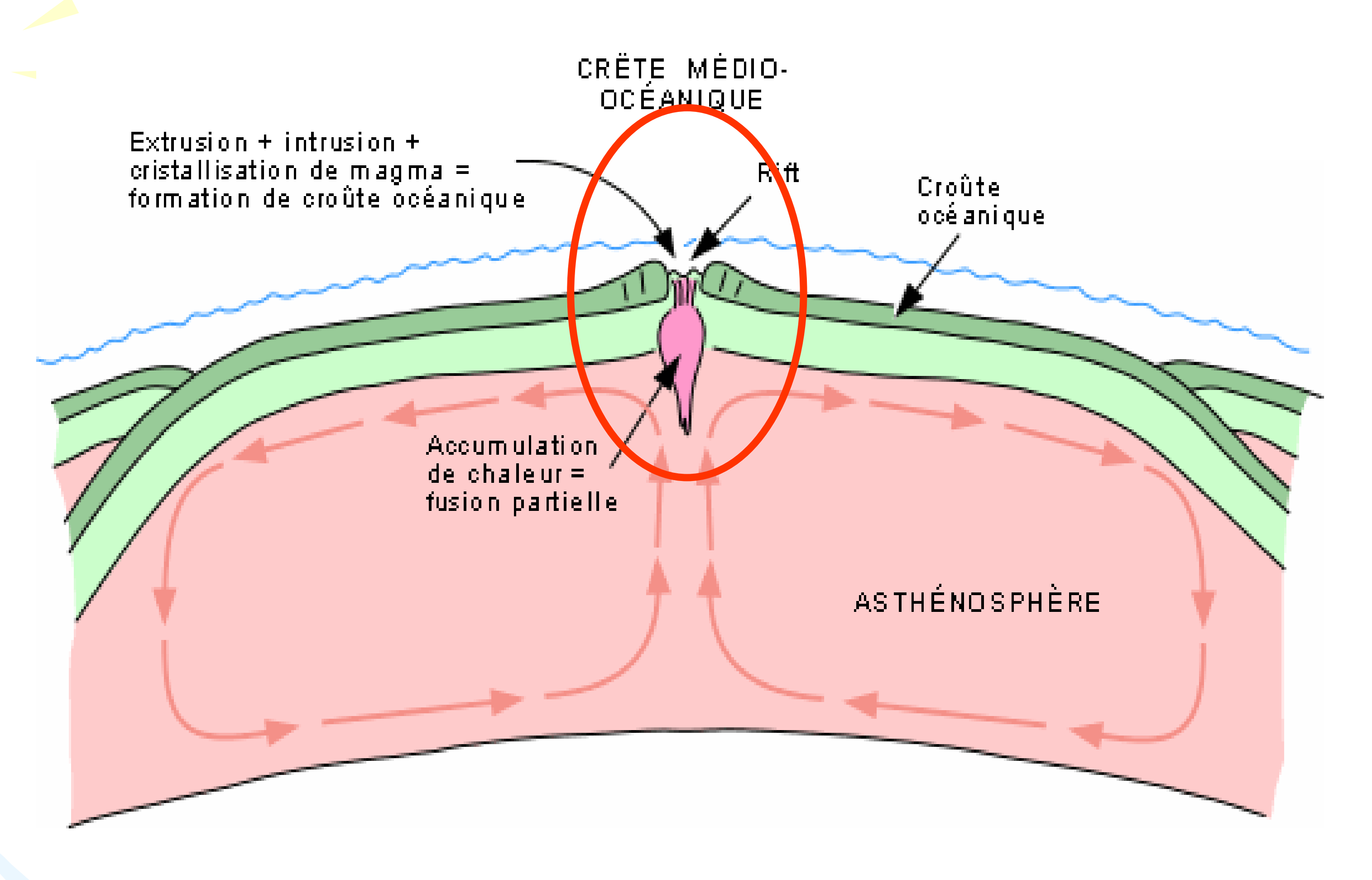
TECTONIQUE DES PLAQUES



Les déformations de la lithosphère sont reliées aux forces internes de la terre.

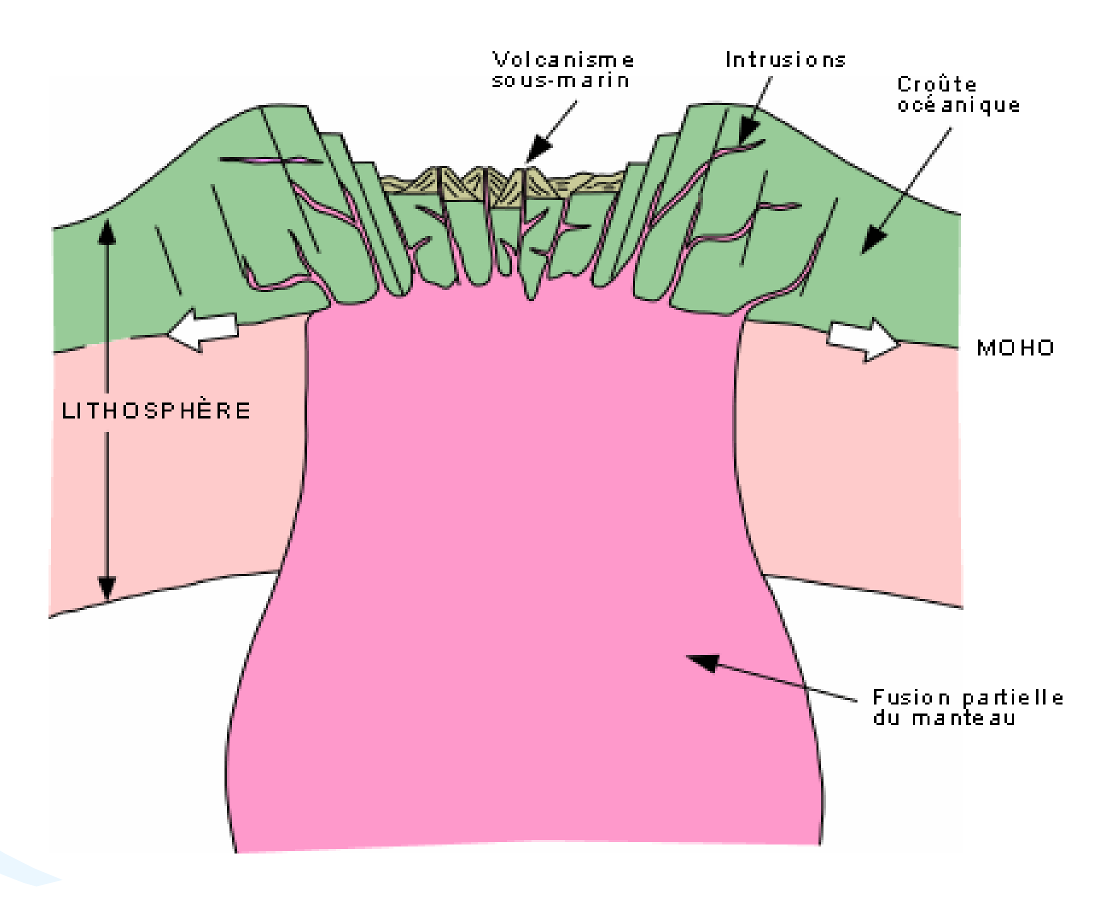
Elles se traduisent par le découpage de la lithosphère en plaques rigides qui bougent les unes par rapport aux autres.

Les mouvements se font selon 3 types de limites :
convergente, divergente & transformante

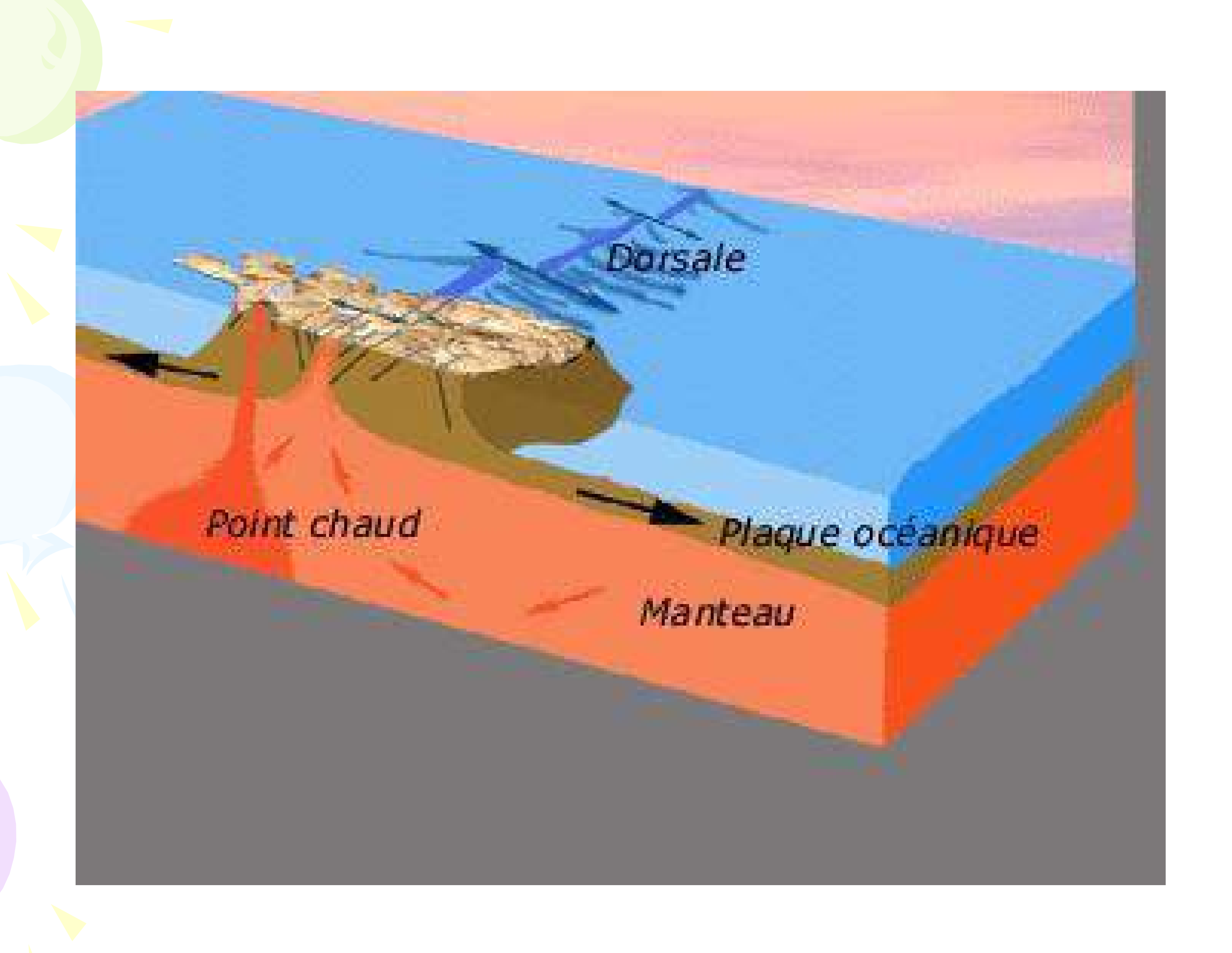


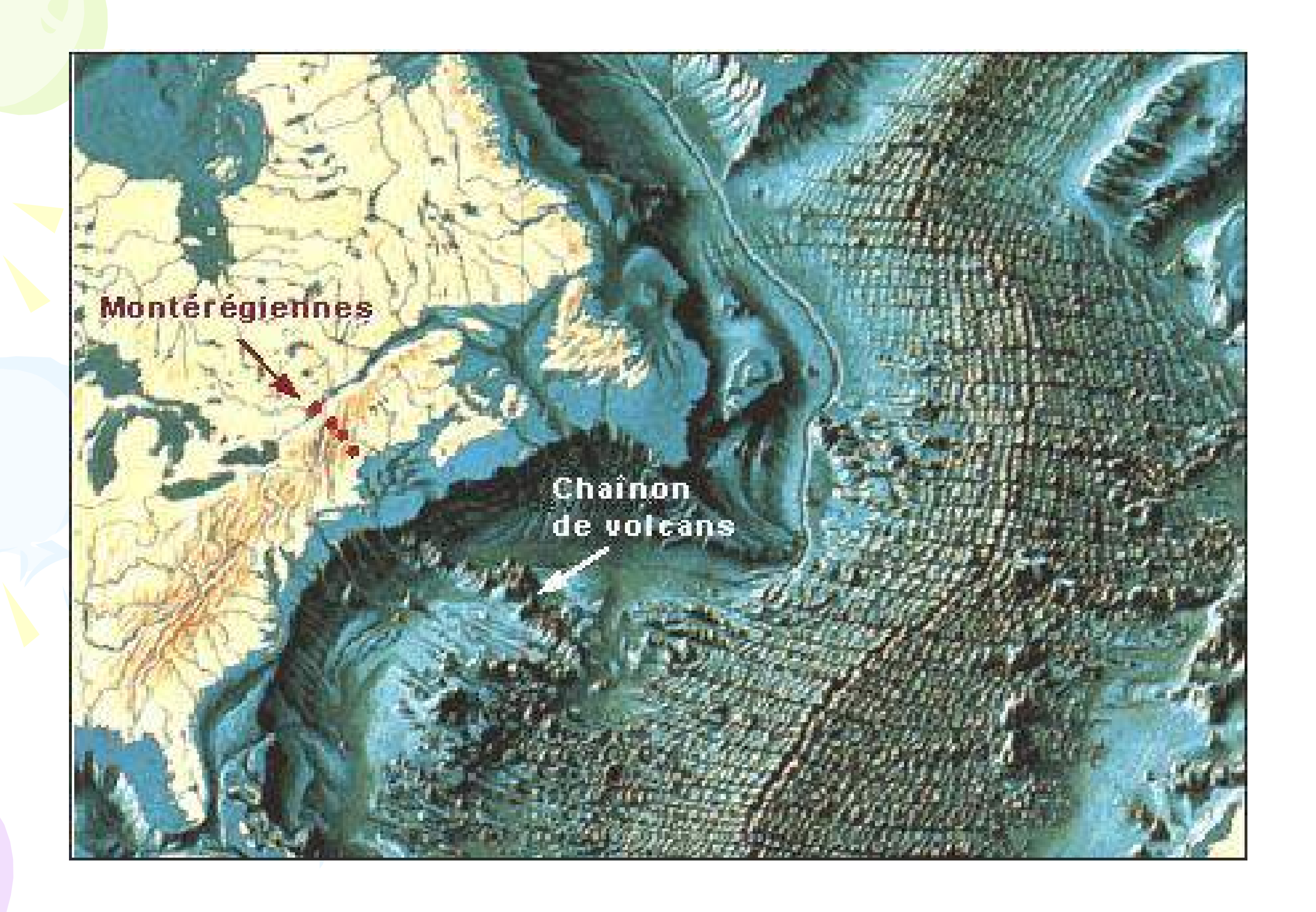
La convection produit, dans la lithosphère rigide, des forces de tension qui font que les deux plaques divergent. Elle est le moteur qui entraîne la lithosphère océanique de part et d'autre de la dorsale. Entre ces deux plaques divergentes, la venue de magma crée de la nouvelle croûte océanique.

Gros plan de la zone de divergence

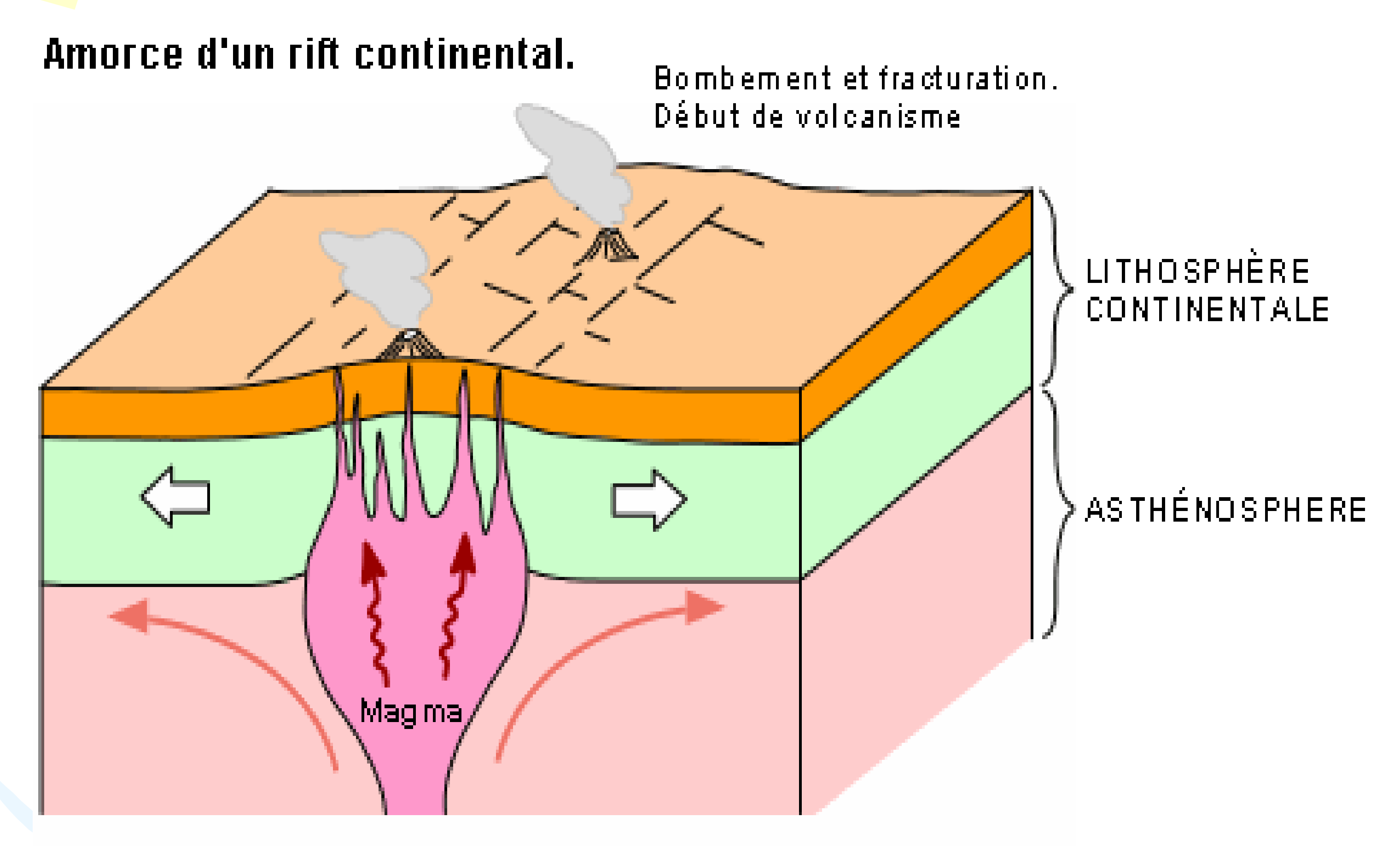


Tensions qui se traduisent par des failles d'effondrement
et des fractures ouvertes, ce qui forme un fossé d'effondrement
qu'on appelle un rift océanique.
Le magma expulsé, cristallise et forme la nouvelle croûte océanique


Dorsale
Point chaud
Plaque océanique
Manteau

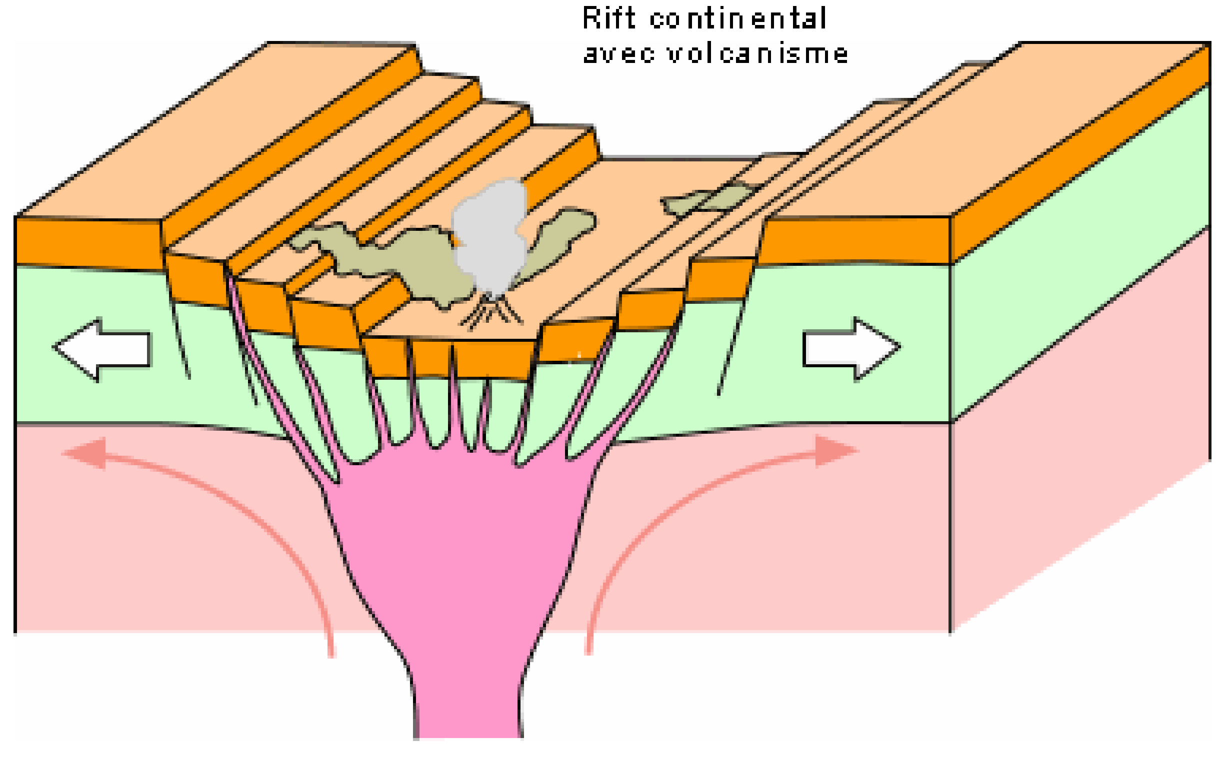

Montérégiennes
Chaînon
de volcans

Etape 1



L'accumulation de chaleur sous la plaque continentale cause une dilatation de la matière qui conduit à un bombement de la lithosphère.
Les forces de tension fracturent la lithosphère et amorcent le mouvement de divergence. Le magma vient s'infiltrer dans les fissures causant par endroits du volcanisme continental.

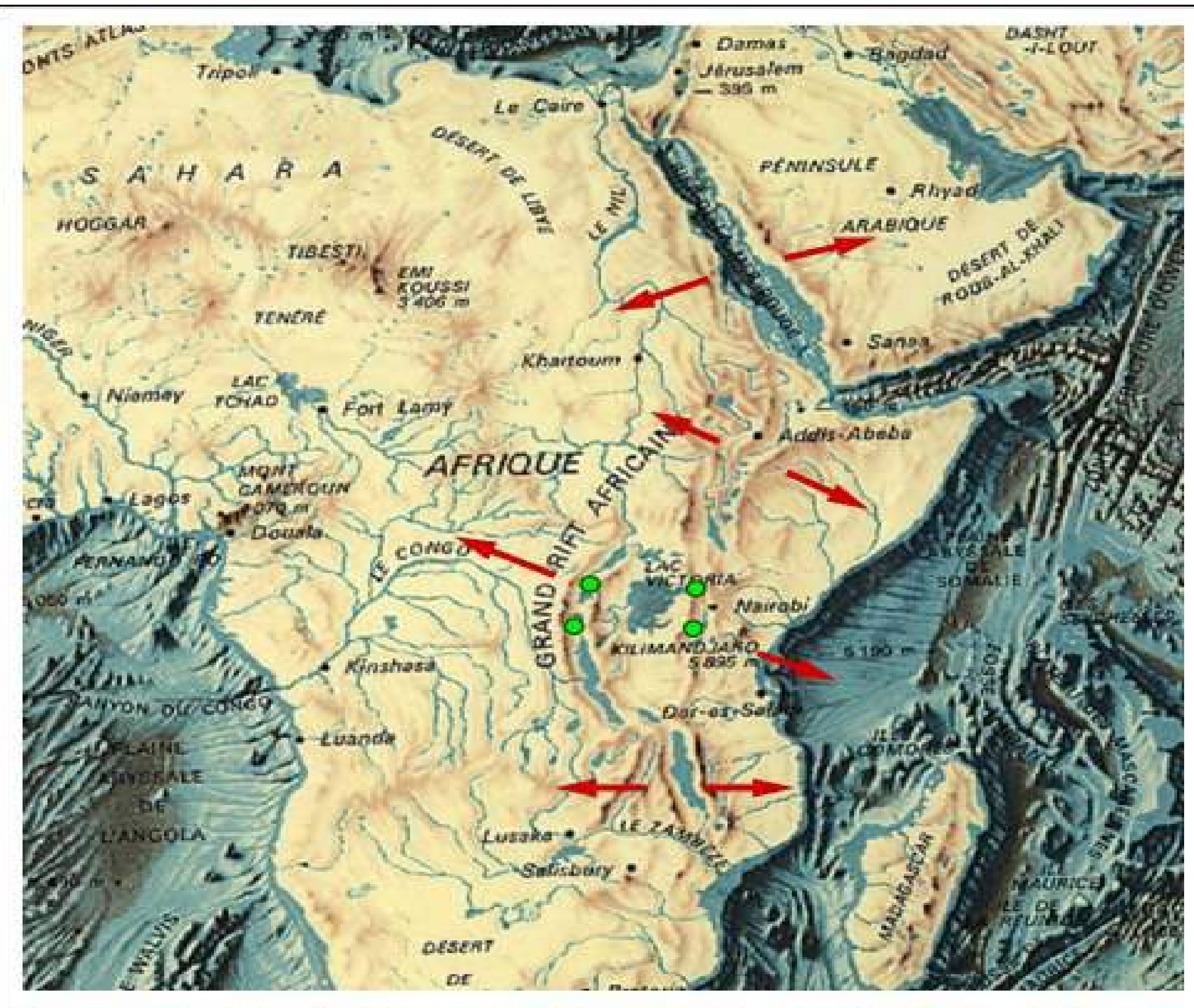
Etape 2



La poursuite des tensions produit un étirement de la lithosphère et effondrement en escalier (rift continental).

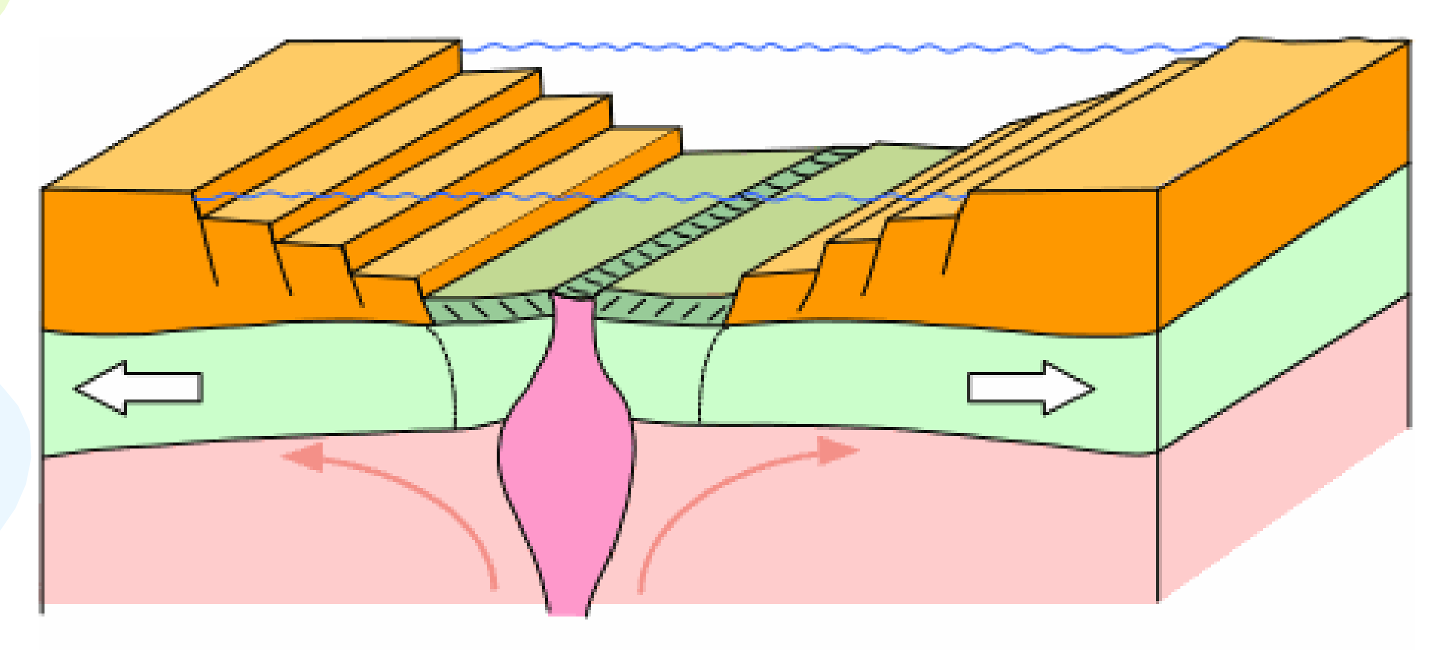
Création de volcans et d'épanchements de laves le long des fractures.

Exemple : *Grand Rift Africain* en Afrique orientale.

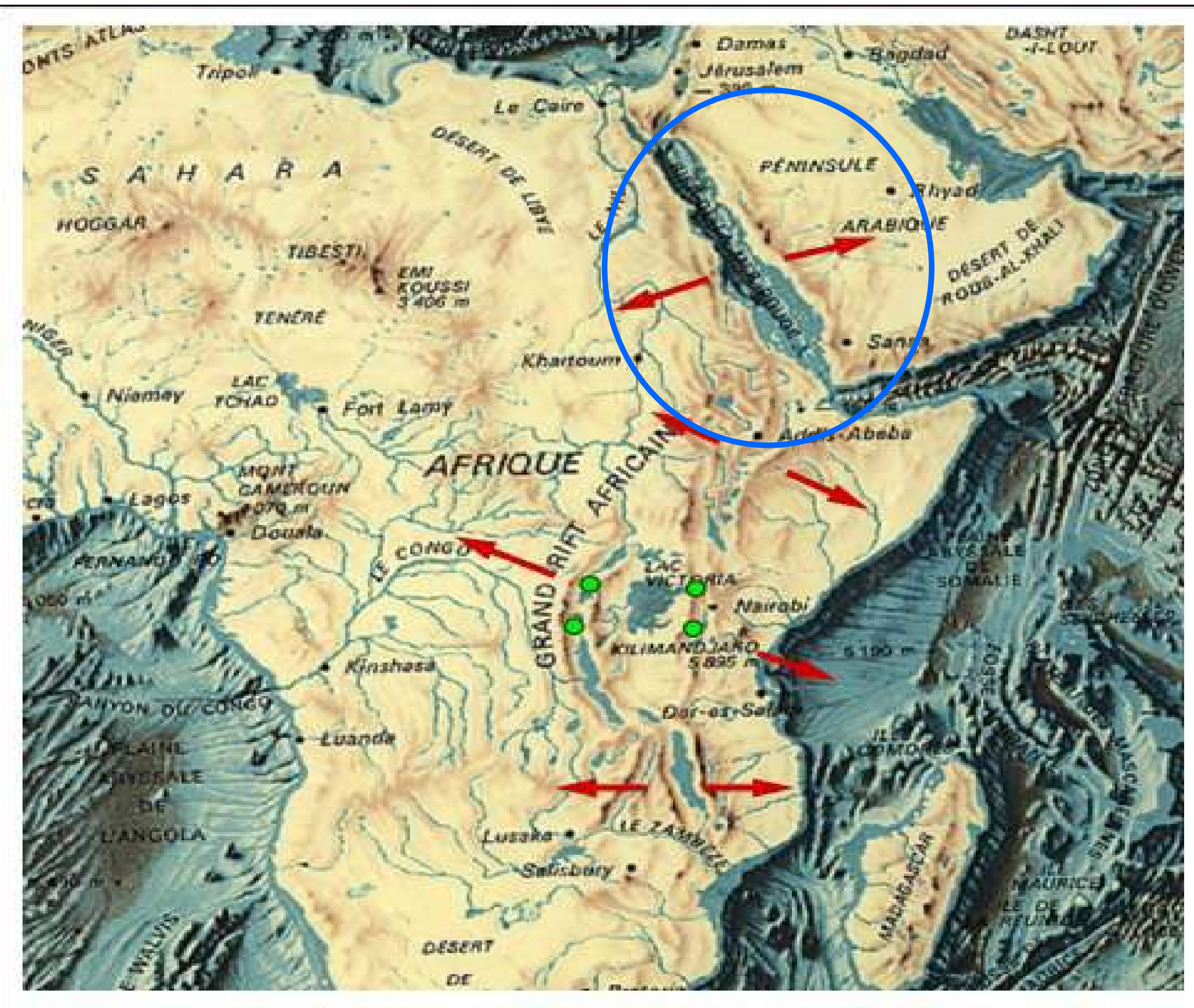


Le Grand Rift africain entaille l'est du continent au sud de la Mer Rouge. Il s'étend, du canal du Mozambique au sud, jusqu'aux bouches de la Mer Rouge au nord; il se divise en deux branches au nord du lac Malawi. On y est à un stade un peu plus avancé que le long du Rio Grande. Déjà des vallées profondes et larges se sont creusées, avec de grands lacs, tel le lac Tanganyika, et de grands volcans (points verts), comme le Kilimanjaro. Progressivement, ces vallées s'élargiront, s'enfonceront et seront envahies par la mer pour former une mer linéaire; d'ailleurs, les eaux marines commencent déjà à

Etape 3

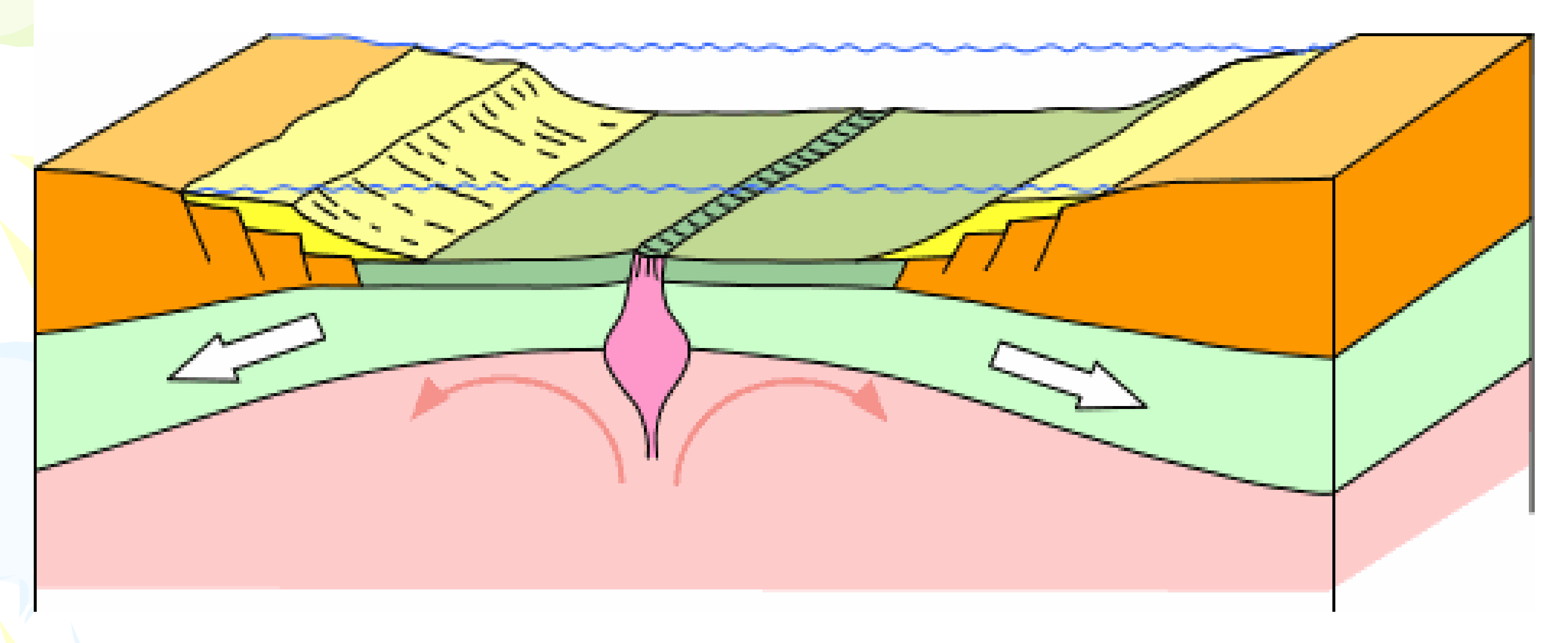


Le rift s'enfonce sous le niveau de la mer et les eaux marines envahissent la vallée. Deux morceaux de lithosphère continentale se séparent et s'éloignent progressivement l'un de l'autre.
La formation de la première croûte océanique basaltique de part et d'autre de la dorsale embryonnaire. Exemple : *Mer rouge*.



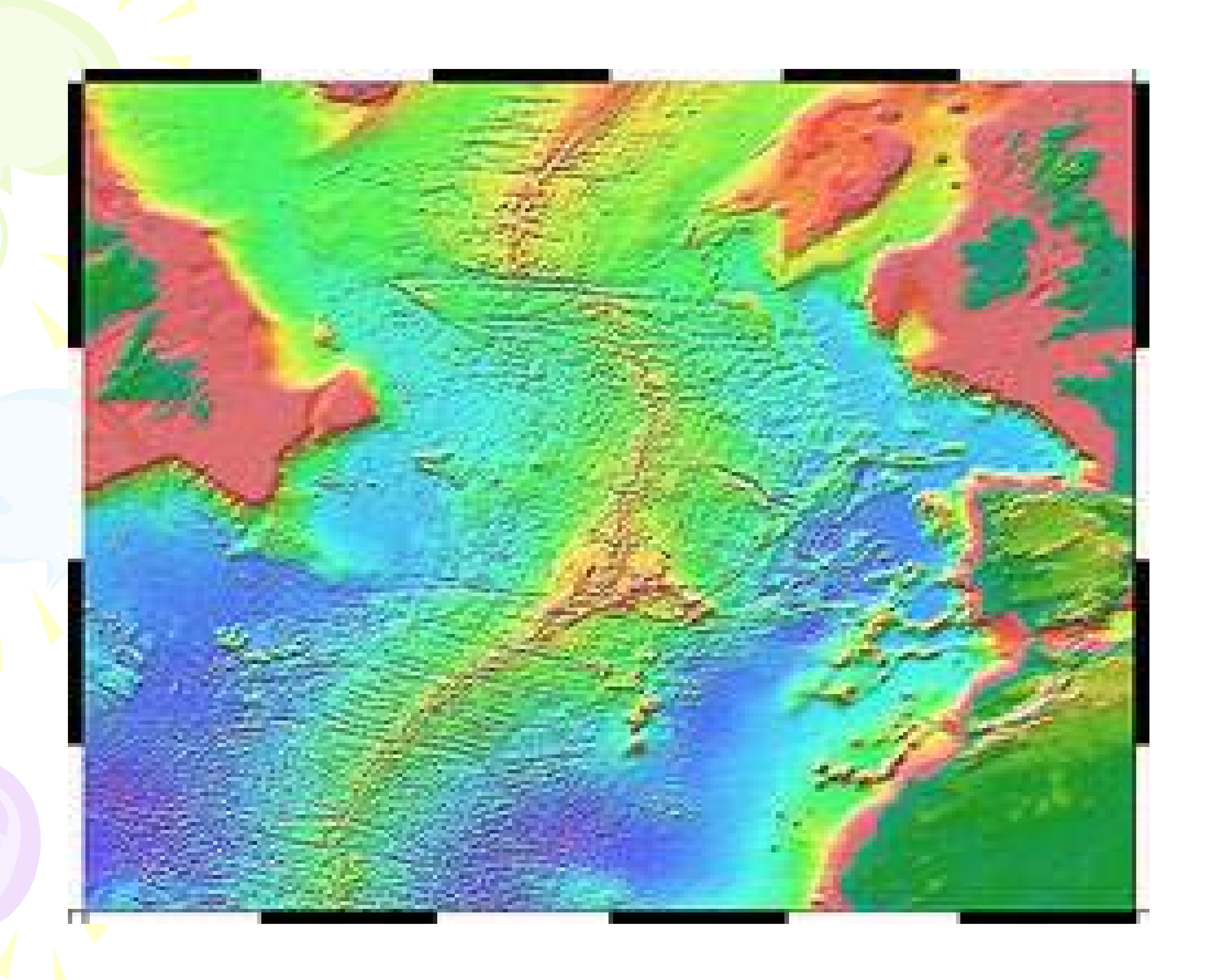
Le Grand Rift africain entaille l'est du continent au sud de la Mer Rouge. Il s'étend, du canal du Mozambique au sud, jusqu'aux bouches de la Mer Rouge au nord; il se divise en deux branches au nord du lac Malawi. On y est à un stade un peu plus avancé que le long du Rio Grande. Déjà des vallées profondes et larges se sont creusées, avec de grands lacs, tel le lac Tanganyika, et de grands volcans (points verts), comme le Kilimanjaro. Progressivement, ces vallées s'élargiront, s'enfonceront et seront envahies par la mer pour former une mer linéaire; d'ailleurs, les eaux marines commencent déjà à

Etape 4

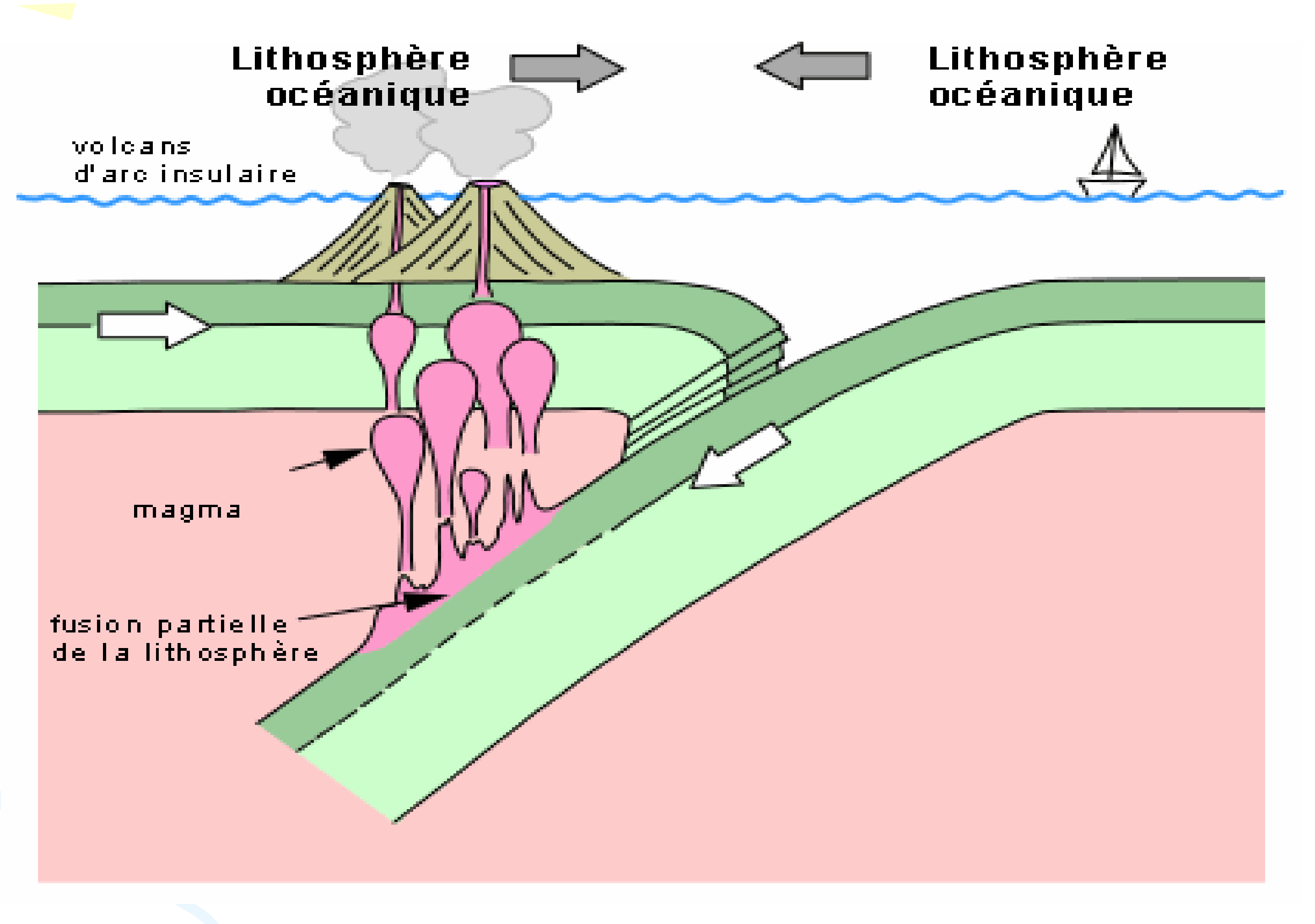


L'étalement des fonds océaniques conduit à la formation d'un océan de type *Atlantique*, avec sa dorsale bien individualisée, ses plaines abyssales et ses plateaux continentaux correspondant à la marge de la croûte continentale.

Les dorsales océaniques constituent des zones importantes de dissipation de la chaleur interne de la Terre.

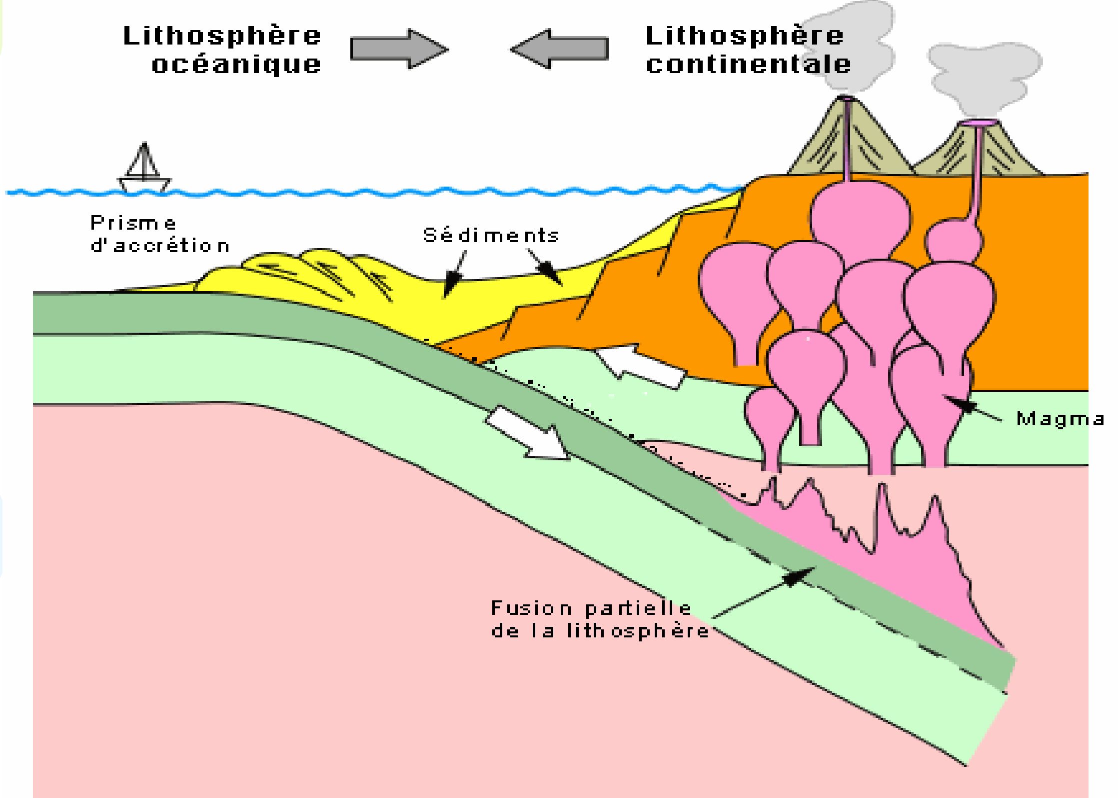


Cas de convergence entre deux plaques océaniques



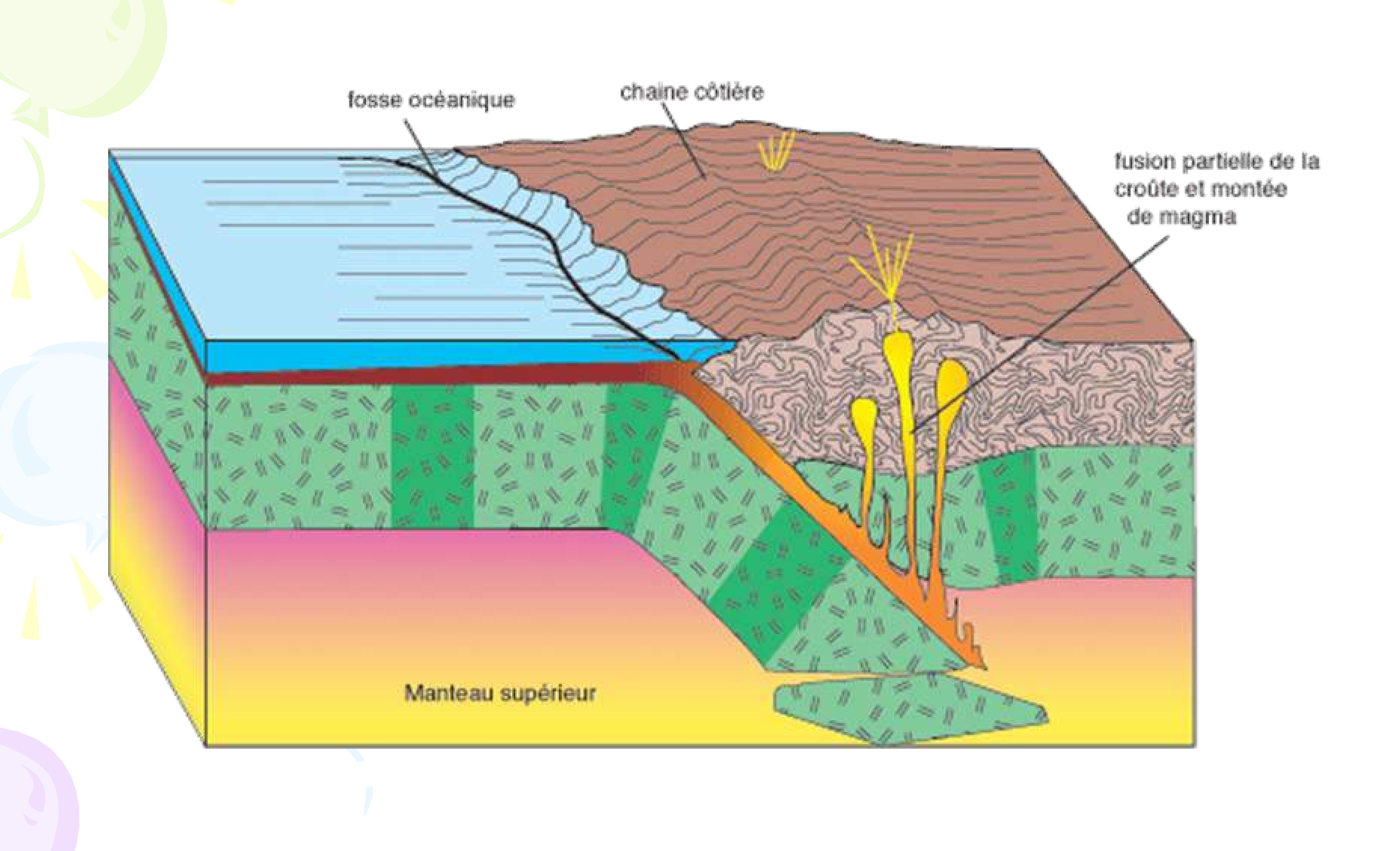
Dans ce genre de collision, une des deux plaques (la plus dense, généralement la plus vieille) s'enfonce sous l'autre pour former une zone de subduction.

Cas de convergence entre plaques océanique et continentale

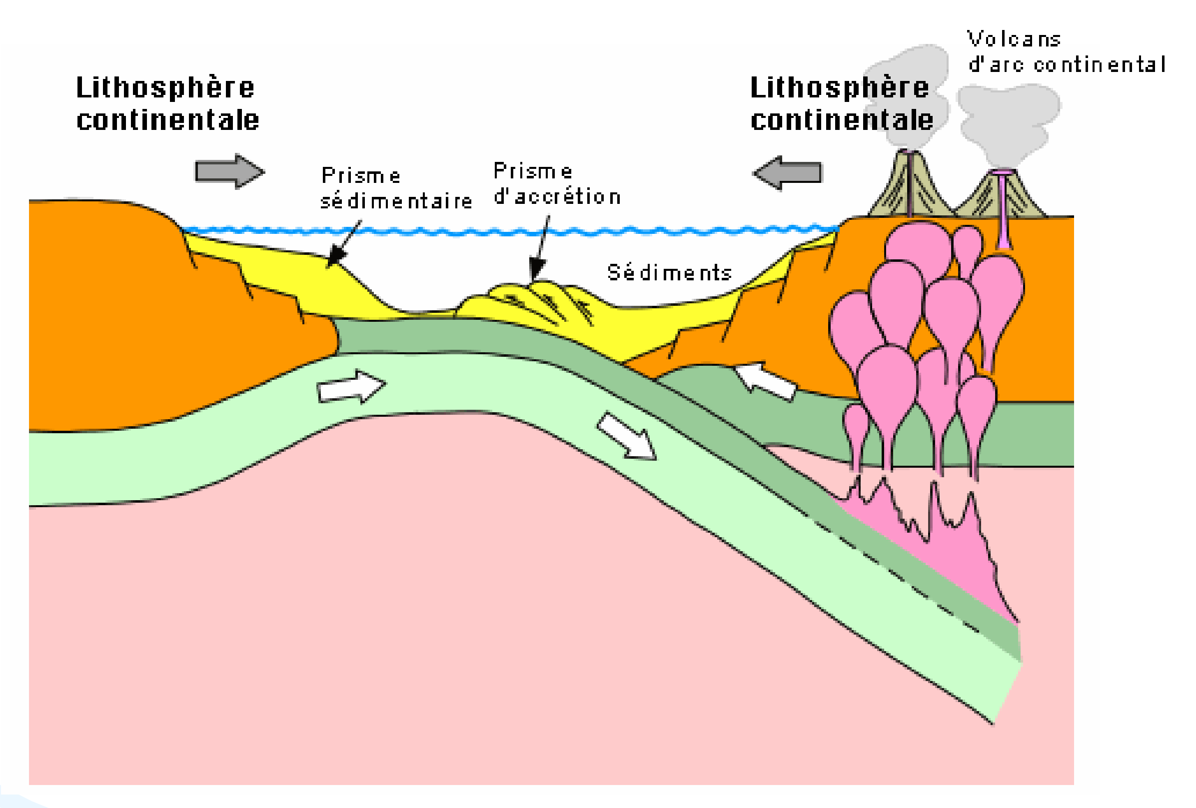


La plaque océanique et les sédiments du plancher océanique s'enfoncent dans du matériel de plus en plus dense. le magma expulsé forme une chaîne de volcans sur les continents (arc volcanique continental). le matériel sédimentaire qui se trouve sur les fonds océaniques et qui se concentre au niveau de la zone de subduction pour former un prisme d'accrétion.

Exemple de la marge du Pacifique Est

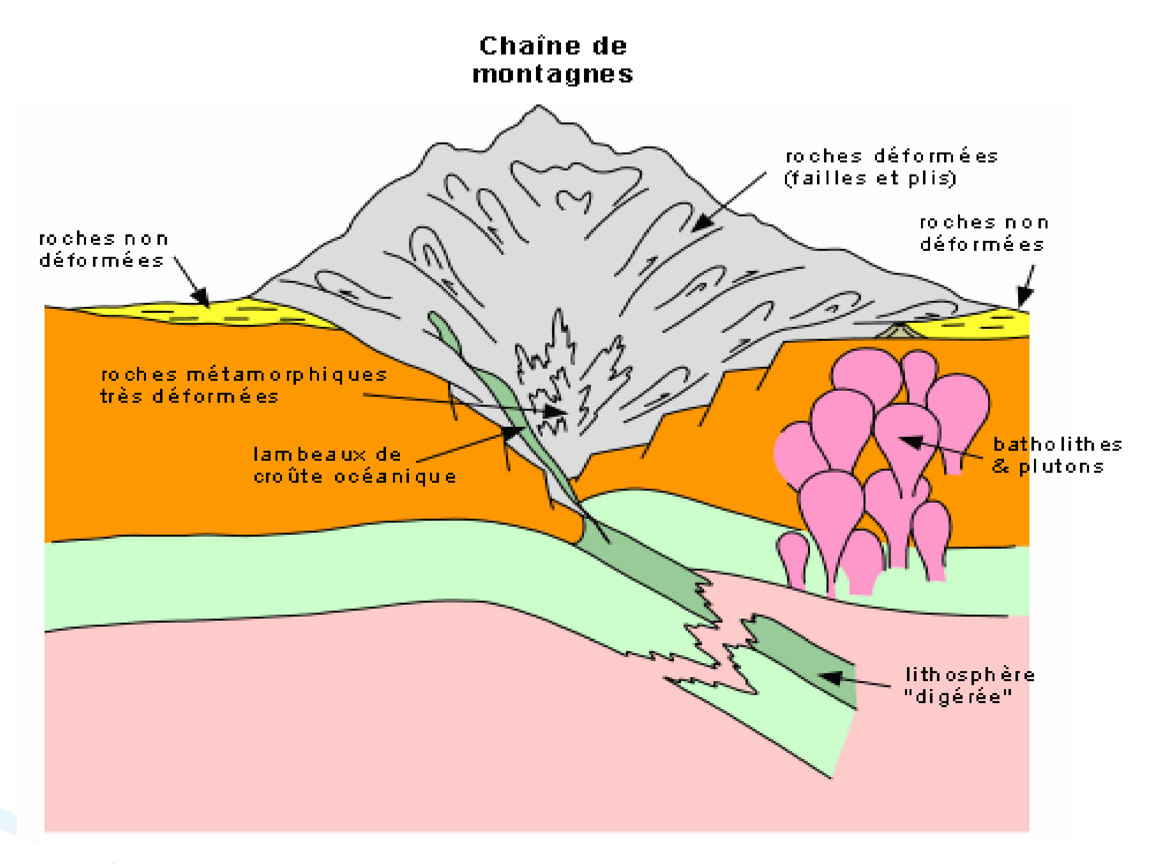

fosse océanique
chaine côtière
fusion partielle de la
croûte et montée
de magma
Manteau supérieur

Cas de convergence entre deux plaques continentales



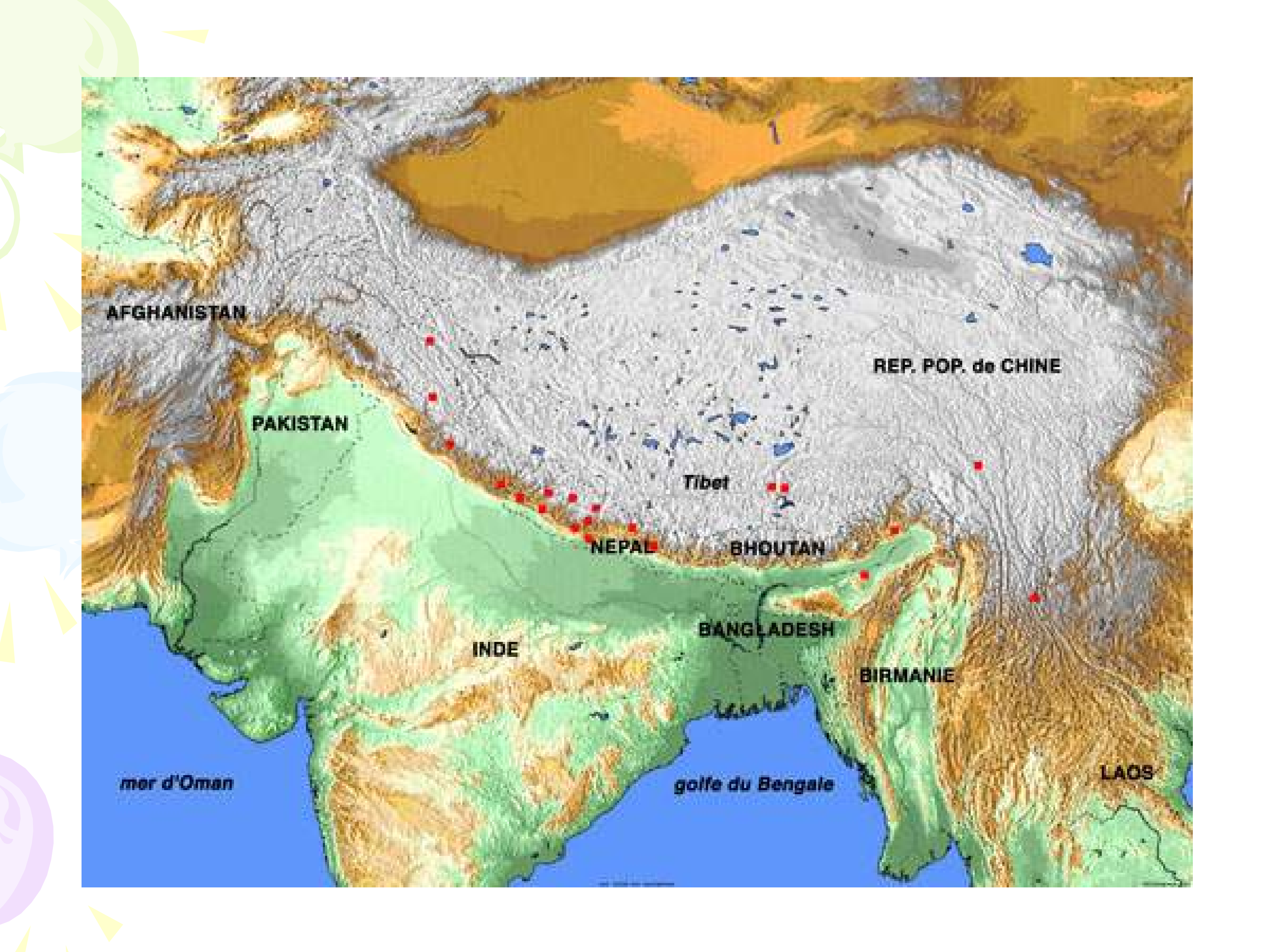
L'espace océanique se refermant au fur et à mesure du rapprochement de deux plaques continentales, le matériel sédimentaire du plancher océanique, plus abondant près des continents, et celui du prisme d'accrétion se concentrent de plus en plus; le prisme croît.

Cas de convergence entre deux plaques continentales (suite)



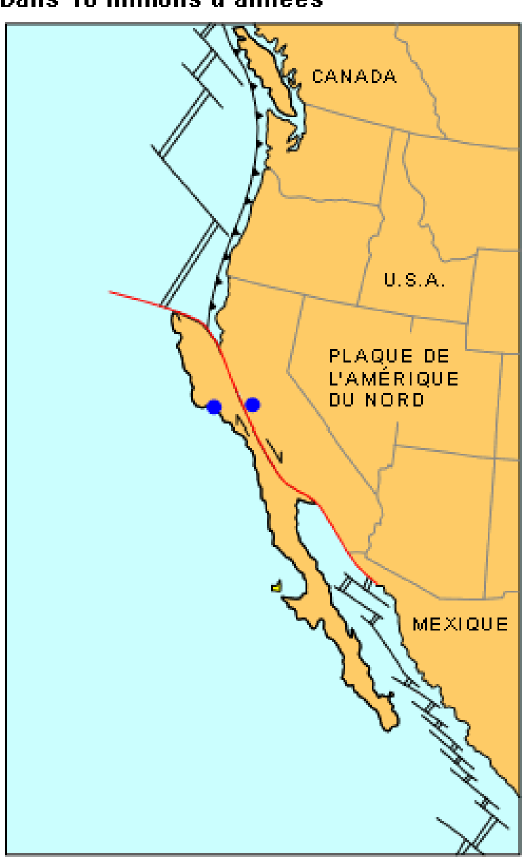
Tout le matériel sédimentaire est comprimé et se soulève pour former une chaîne de montagnes où les roches sont plissées et faillées

Toute les grandes chaînes de montagnes plissées ont été formées par ce mécanisme. *Exemple Himalayas*



AFGHANISTAN
PAKISTAN
REP. POP. de CHINE
Tibet
NEPAL
BHOUTAN
BANGLADESH
INDE
BIRMANIE
LAOS
mer d'Oman
golfe du Bengale

Failles Transformantes

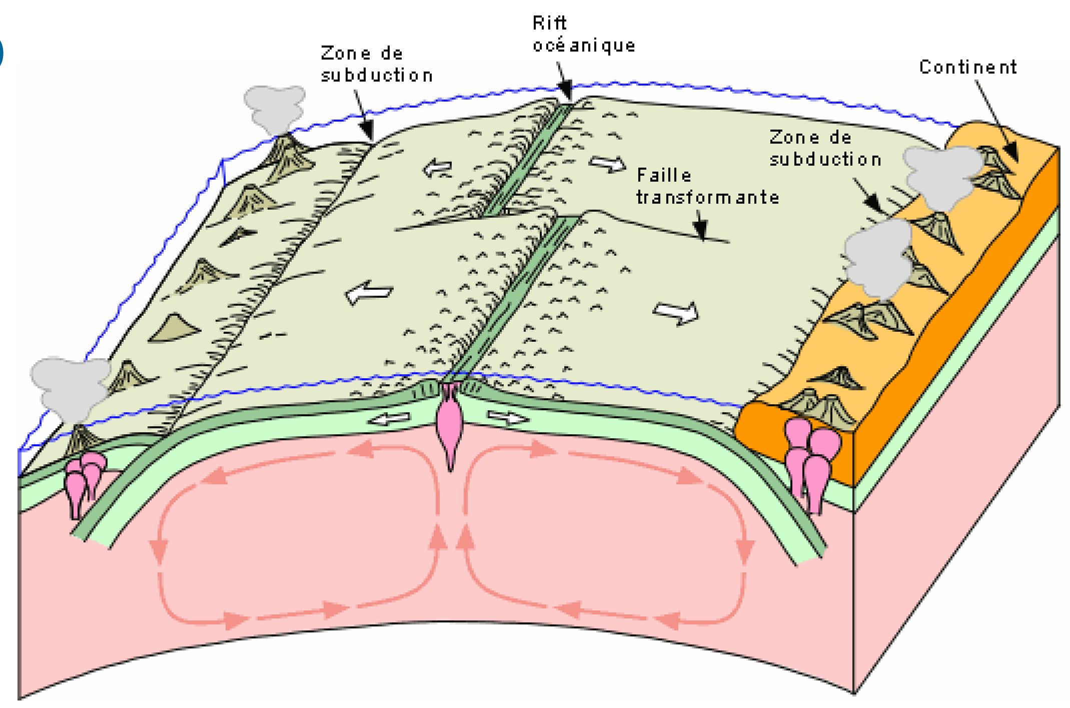


Les failles transformantes Permettent d'accommoder des différences dans les vitesses de déplacement entre les plaques et font le relais entre des limites divergentes et convergentes (elles transforment le mouvement entre divergence et convergence).

<u>Exemple</u> : Faille de San Andreas en Californie, elle assure le relais du mouvement entre la limite divergente de la dorsale du Pacifique-Est, la limite convergente de la plaque Juan de Fuca-Amérique du Nord et la limite divergente de la dorsale de Juan de Fuca.

Résumé

➢Le moteur = mvts de convection dans le manteau, entraînant un flux de chaleur (désintégration des éléments radioactifs)



➢concentration de la chaleur cause une
➢fusion partielle du manteau et une
➢expansion des matériaux

➢L'expansion produit une dorsale médio-océanique

➢L'écoulement de l'asthénosphère sous la lithosphère rigide entraîne cette dernière ; des tensions se produisent Au niveau de la dorsale, causant la divergence et le magmatisme associé

➢formation continue de nouvelle lithosphère océanique au niveau de la dorsale et élargissement progressif de l'océan

➢Formation de zones de convergences et de divergences

➢Les dorsales sont disséquées par des failles dites transformantes pour accommoder des différences de vitesses de divergence.

PALEOMAGNETISME

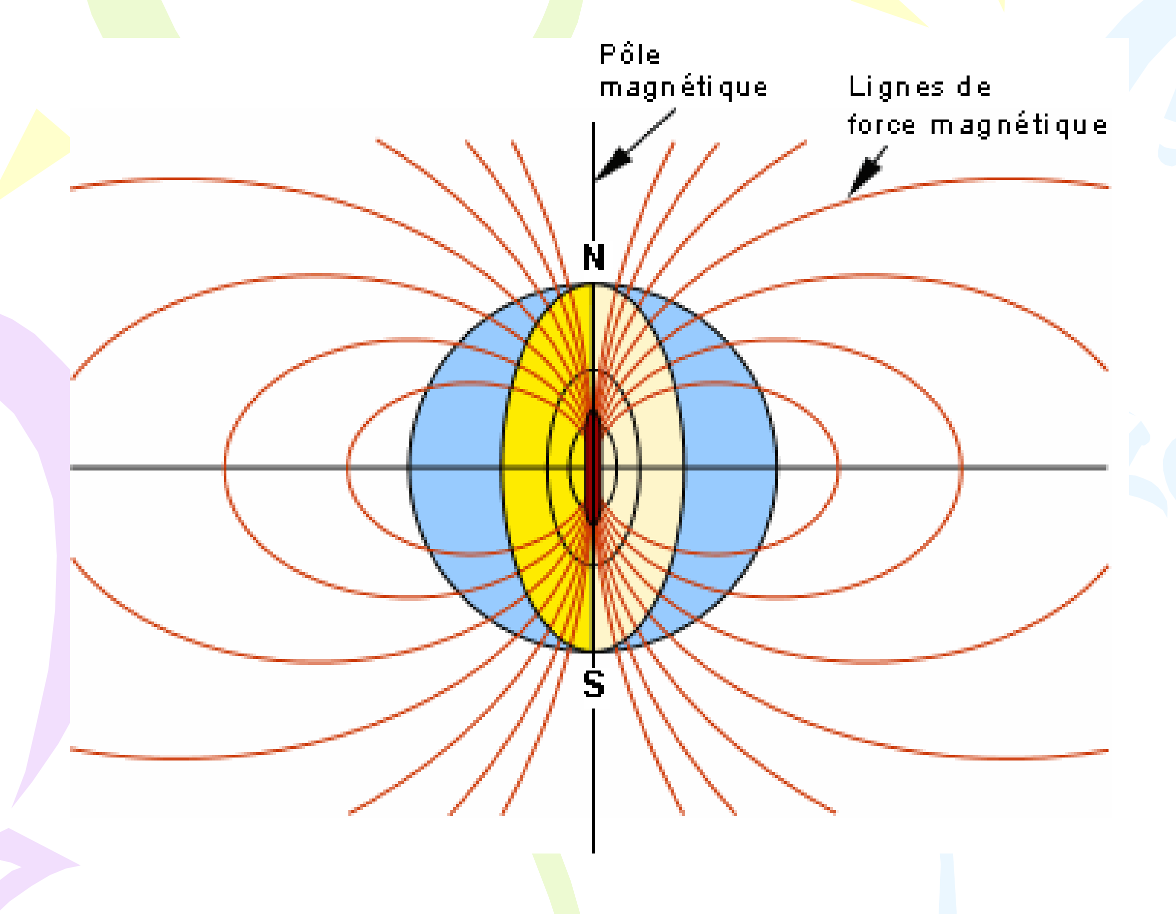
Paléomagnétisme

La compréhension du magnétisme terrestre a constitué un pas très important dans la formulation de la théorie de la tectonique des plaques.

Deux aspects du magnétisme retiennent l'attention :

- le paléomagnétisme et les inversions du magnétisme terrestre.
- La découverte de bandes d'anomalies magnétiques sur les planchers océaniques parallèles aux dorsales est venue renforcer la théorie de l'étalement des fonds océaniques

Paléomagnétisme



La terre agit comme un dipôle magnétique, ou encore comme un aimant. Les lignes de forces magnétiques établissent tout autour de la planète un champ magnétique terrestre. C'est la raison pour laquelle l'aiguille d'une boussole s'aligne automatiquement selon les lignes de force, dans une direction nord-sud.

- ✓ Possibilité de calculer la direction et l'intensité du champ magnétique en tout point de la surface du globe par le **Magnétomètre**.

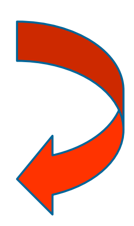
- ✓ Anomalie = différence entre l’intensité mesurée en un lieu donné et l’intensité théorique :

  Anomalie positive >>>(champ réel > champ théorique)

  Anomalie négative >>>(champ réel < champ théorique)

Les laves possèdent une "mémoire magnétique!!!

Le physicien napolitain Macedonio **Melloni** (1853) découvre que chaque roche volcanique possède sa propre aimantation. L'aimantation a été acquise lors du refroidissement de la lave qui enregistre le champ magnétique terrestre de l'époque.



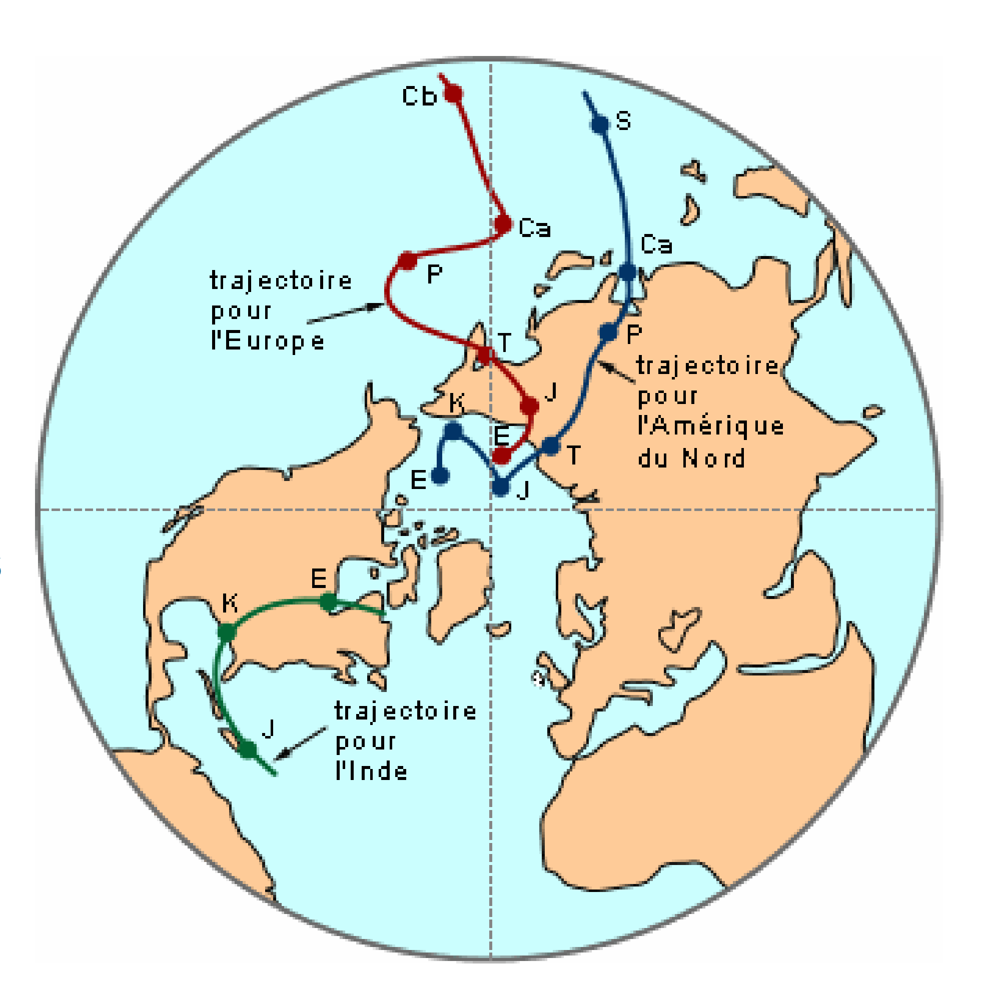
on peut déterminer la position des pôles magnétiques pour diverses périodes géologiques à partir de roches dont l'âge est connu

Position du pôle nord magnétique à travers les temps géologique ?

mesures du paléomagnétisme sur des échantillons datant de l'Éocène au Cambrien, prélevés sur le continent européen

trajectoire établie à partir d'échantillons datant de l'Éocène au Silurien, prélevés sur le continent nord-américain

trajectoire établie à partir d'échantillons datant de l'Éocène au Jurassique, prélevés en Inde



E=Éocène (50 Ma); **J**=Jurassique (175 Ma); **T**=Trias (225 Ma); **P**=Permien (260 Ma); **Ca**=Carbonifère (320 Ma); **S**=Silurien (420 Ma); **Cb**=Cambrien (530 Ma)

- les trois trajectoires ne coïncident pas; il devrait pourtant n'y avoir qu'une seule trajectoire puisqu'il n'y a qu'un seul pôle nord magnétique terrestre;

- plus on recule dans le temps, plus le pôle magnétique s'éloigne du pôle géographique

---

❖ **Il y a eu des dérives continentales plus anciennes,**

❖ aujourd'hui, grâce à la théorie de la tectonique des plaques,
On sait que les continents ont bougé tout au long de l'histoire
Géologique, et le paléomagnétisme est utilisé comme outil de base pour reconstituer la position des continents aux diverses époques géologiques

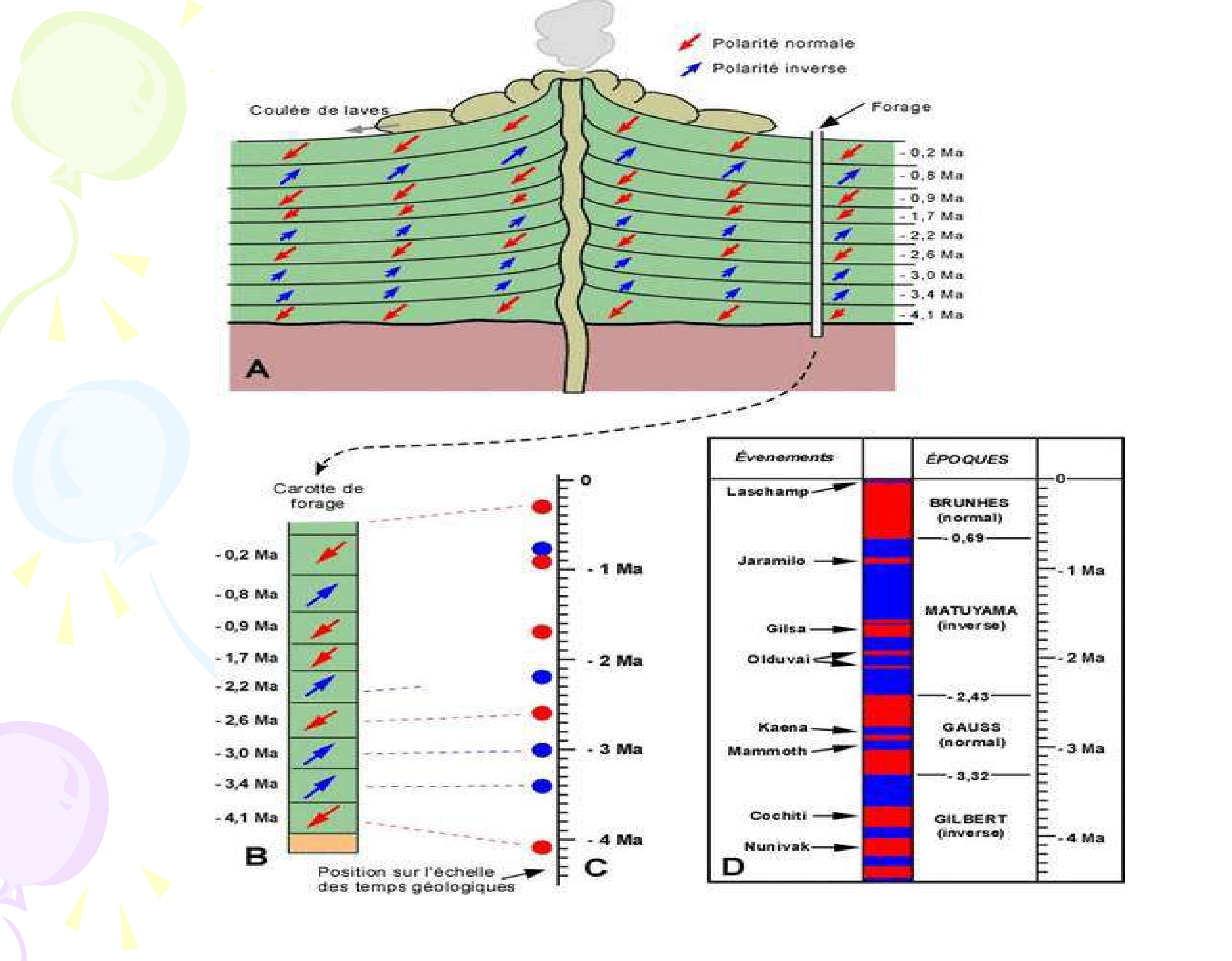
les laves ont une mémoire magnétique, et certaines montrent aussi des inversions du magnétisme ; càd que le dipôle Nord-Sud a été à certaines époques Sud-Nord.



Existance d'une dynamo centrale située dans le noyau terrestre.

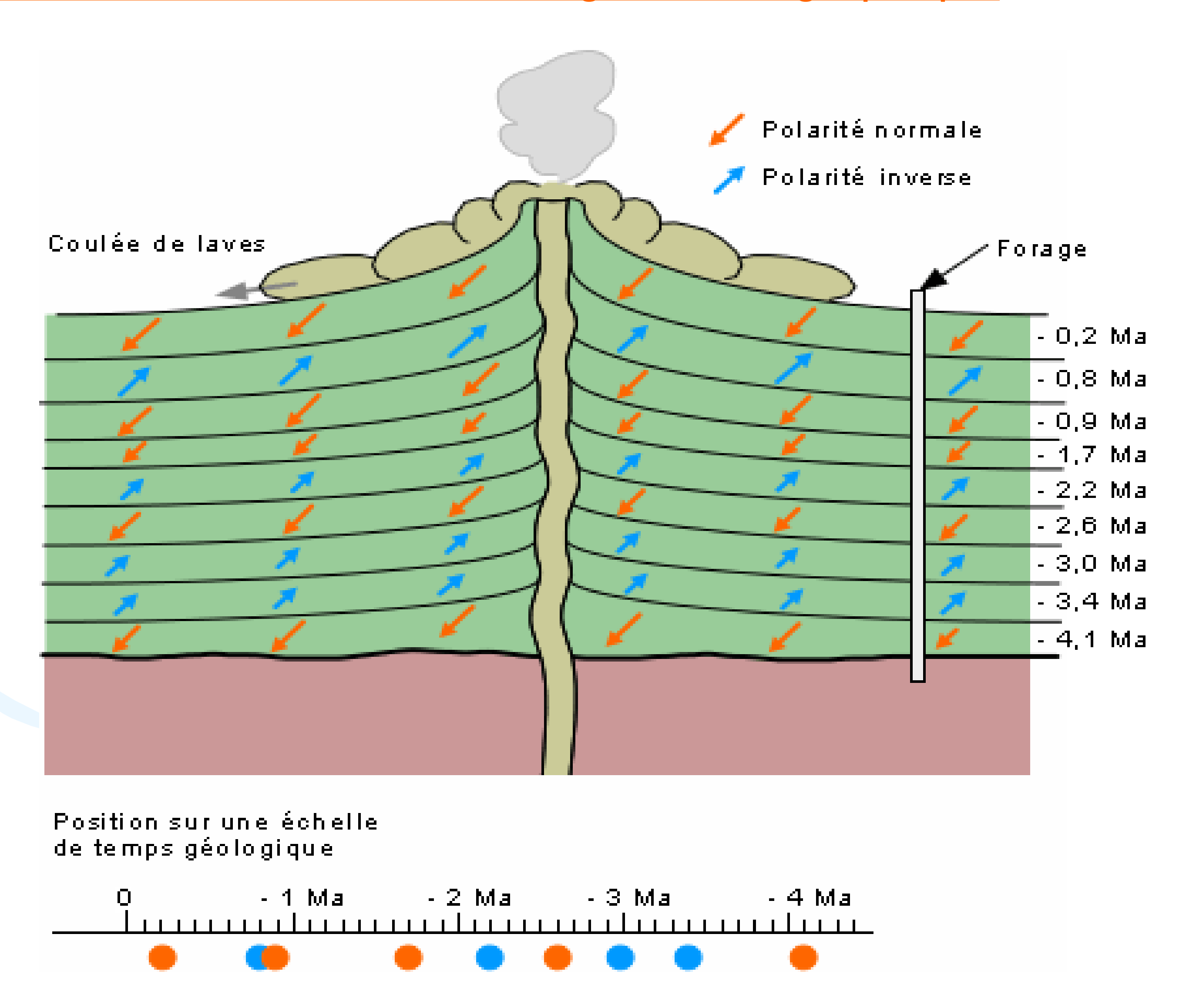


Le retournement épisodique du champ magnétique est dû au comportement instable de cette dynamo.



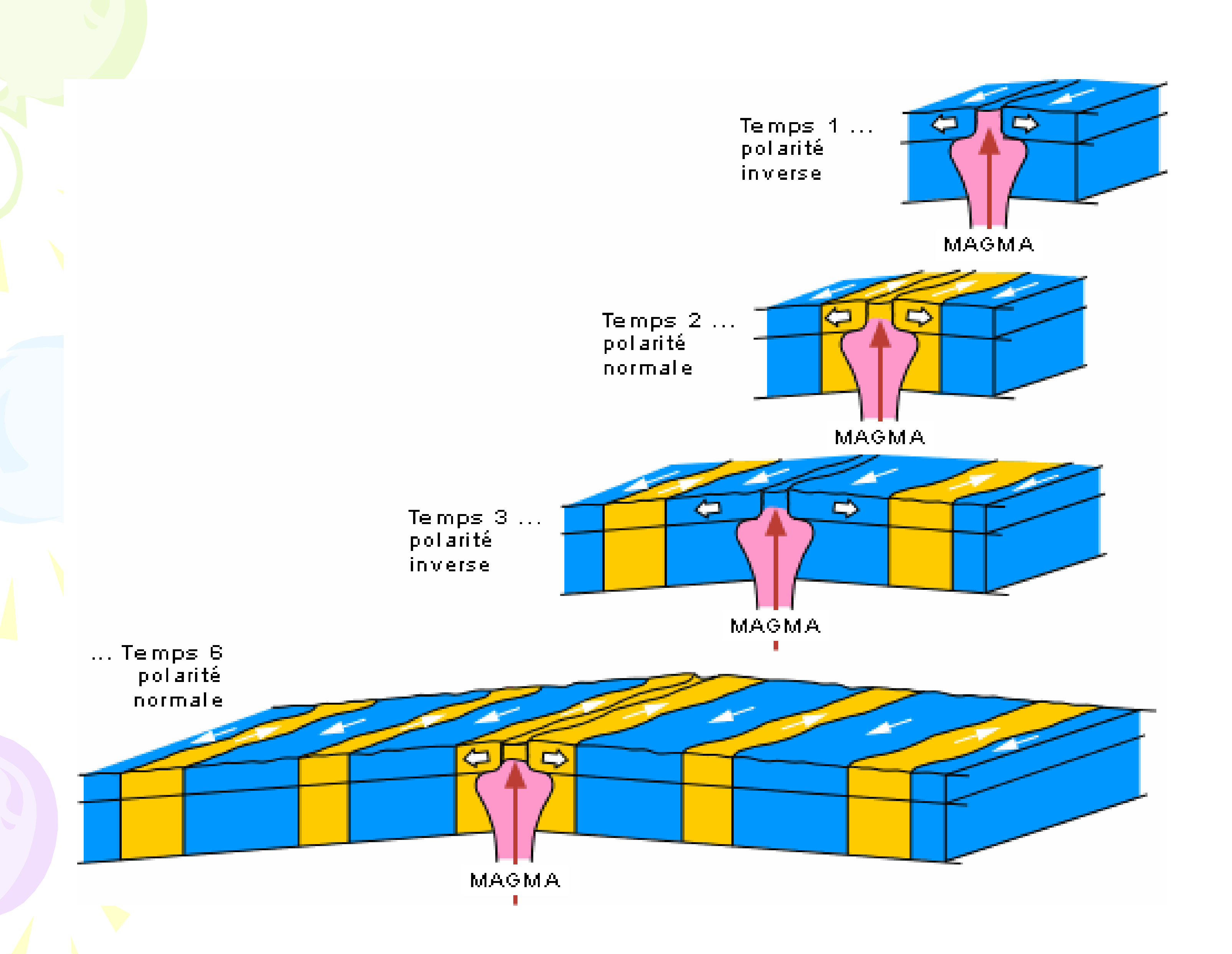
Polarité normale
Polarité inverse
Coulée de laves
Forage
- 0,2 Ma
- 0,8 Ma
- 0,9 Ma
- 1,7 Ma
- 2,2 Ma
- 2,6 Ma
- 3,0 Ma
- 3,4 Ma
- 4,1 Ma
A
Carotte de forage
- 0,2 Ma
- 0,8 Ma
- 0,9 Ma
- 1,7 Ma
- 2,2 Ma
- 2,6 Ma
- 3,0 Ma
- 3,4 Ma
- 4,1 Ma
B
Position sur l'échelle des temps géologiques
0
- 1 Ma
- 2 Ma
- 3 Ma
- 4 Ma
C
Évenements
ÉPOQUES
Laschamp
BRUNHES (normal)
- 0,69
Jaramilo
MATUYAMA (inverse)
Gilsa
Olduvai
- 2,43
Kaena
GAUSS (normal)
Mammoth
- 3,32
Cochiti
GILBERT (inverse)
Nunivak
0
- 1 Ma
- 2 Ma
- 3 Ma
- 4 Ma
D

Utilisation des inversions du champ magnétique terrestre pour construire une échelle magnétostratigraphique

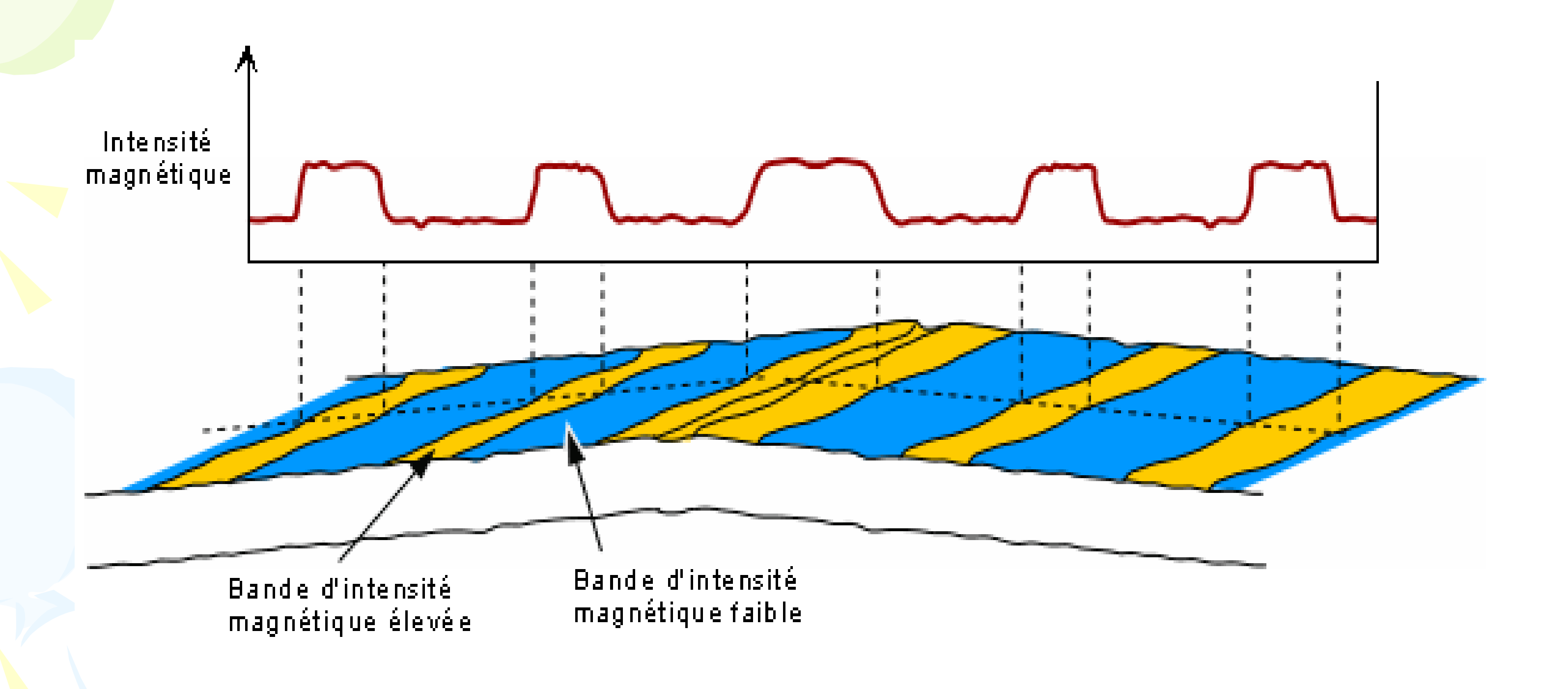


Comment se construit dans le temps un plancher océanique constitué de bandes parallèles, de polarités magnétiques alternant entre normales et inverses et symétriques de part et d'autre d'une dorsale ?

Paléomagnétisme



Anomalies magnétiques des Planchers océaniques

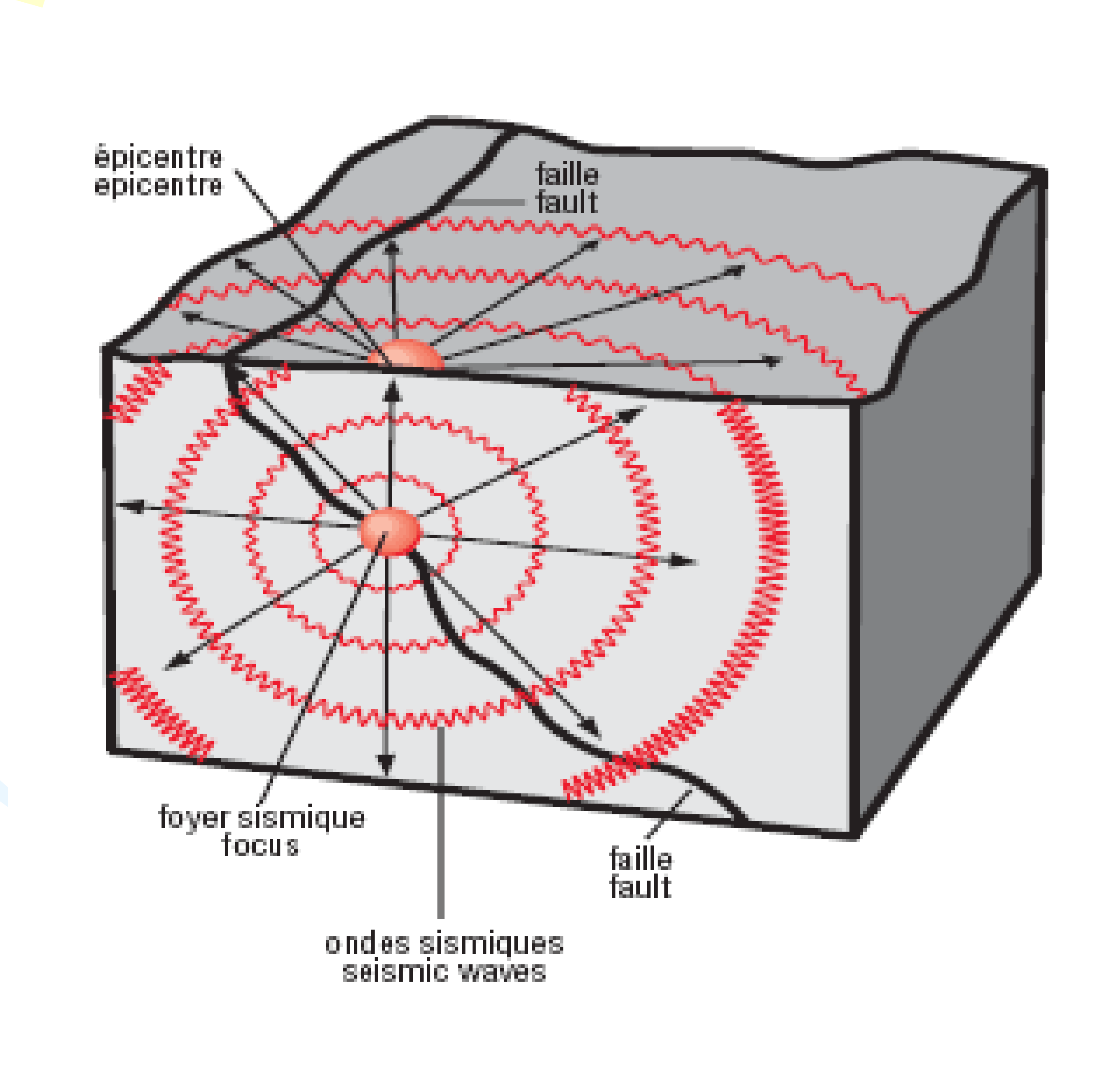


Lors des premières phases de l'exploration des fonds océaniques, les relevés de l'intensité du champ magnétique à l'aide d'un magnétomètre tiré par un bateau avaient montré l'existence, sur ces fonds, d'une alternance de bandes parallèles de magnétisme faible (polarité inverse) et de magnétisme élevé (polarité normal)

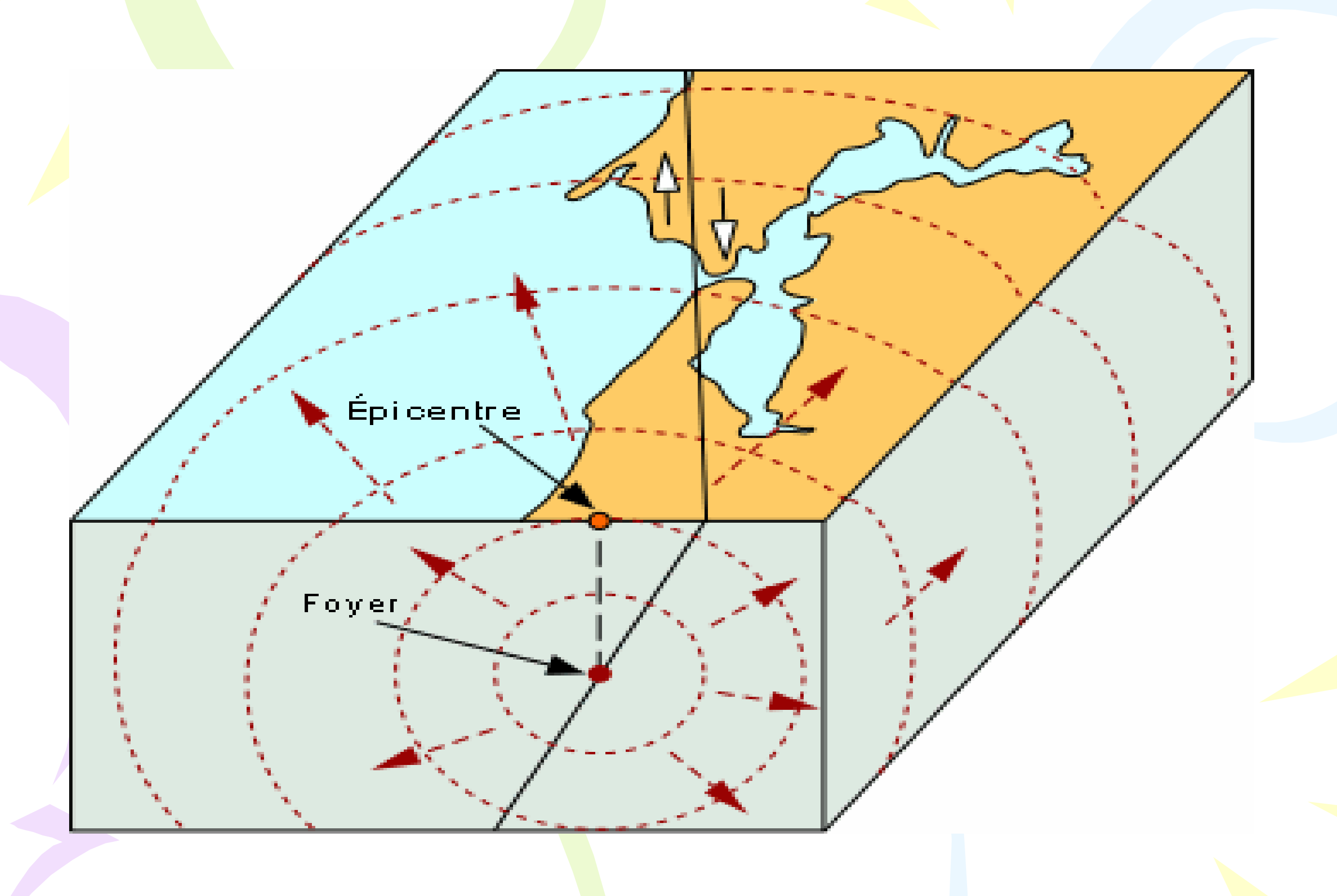
SEISME

- Lorsqu'un matériau rigide est soumis à des contraintes de cisaillement, il va d'abord se déformer de manière élastique, puis, lorsqu'il aura atteint sa limite d'élasticité, il va se casser, en dégageant de façon instantanée toute l'énergie qu'il a accumulé durant la déformation élastique. C'est ce qui se passe lorsque la lithosphère est soumise à des contraintes.

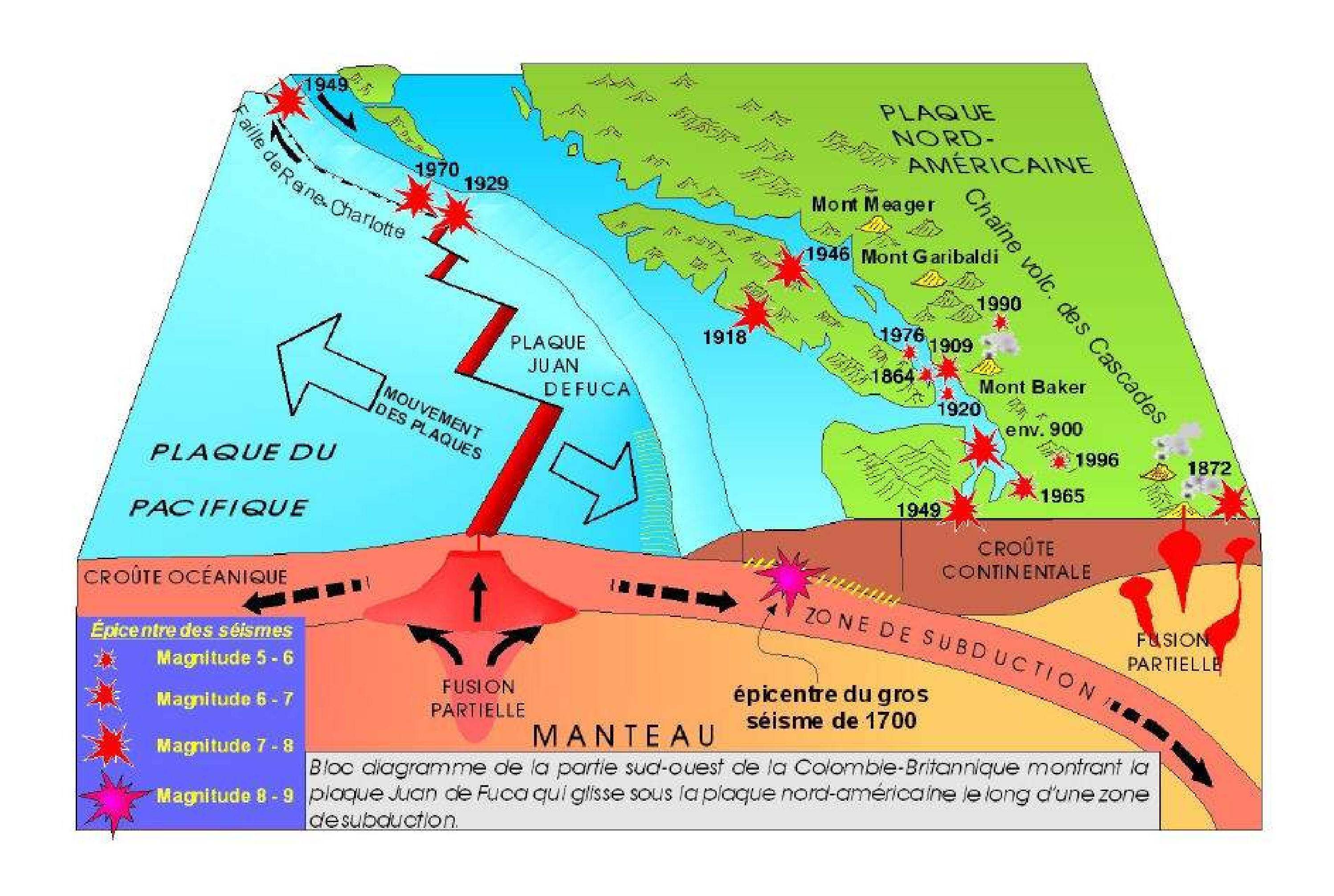
- Sous l'effet des contraintes causées le plus souvent par le mouvement des plaques tectoniques, la lithosphère accumule l'énergie. Lorsqu'en certains endroits, la limite d'élasticité est atteinte, il se produit une ou des ruptures qui se traduisent par des failles. L'énergie brusquement dégagée le long de ces failles causent des séismes (tremblements de terre). Si les contraintes se poursuivent dans cette même région, l'énergie va à nouveau s'accumuler et la rupture conséquente se fera dans les plans de faille déjà existants.



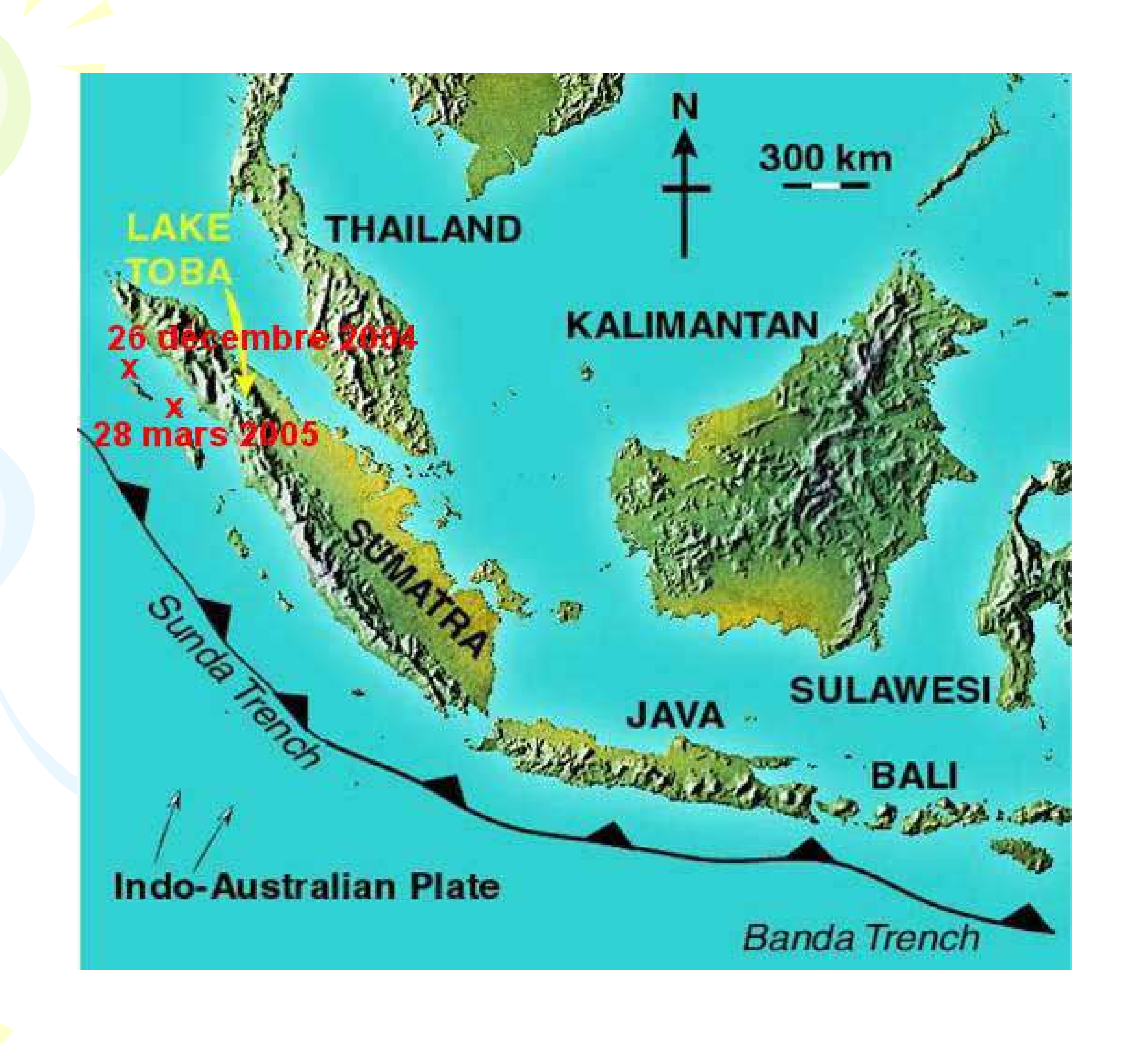
épicentre
epicentre
faille
fault
foyer sismique
focus
faille
fault
ondes sismiques
seismic waves



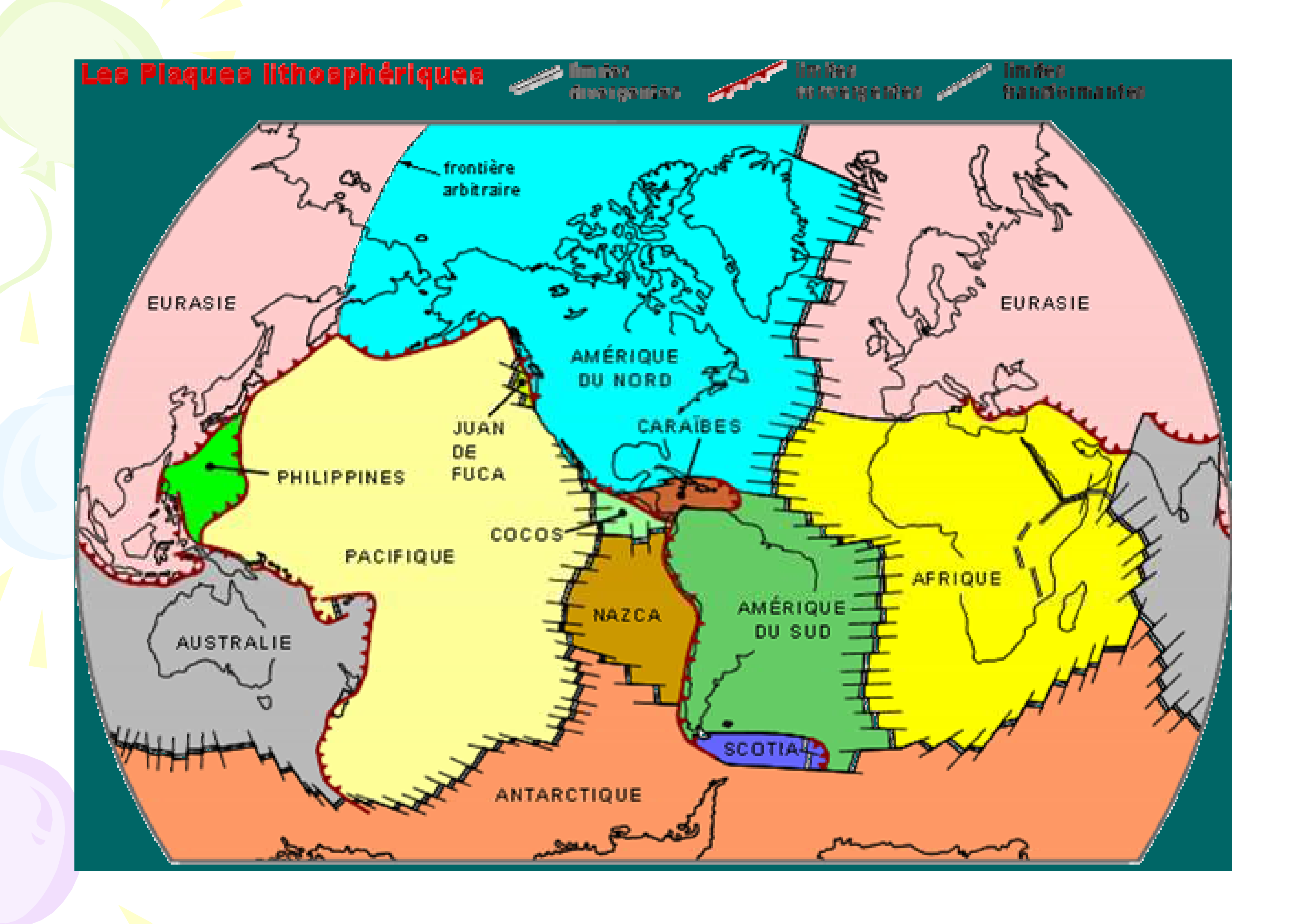
Foyer le lieu dans le plan de faille où se produit réellement le séisme
Epicentre désigne le point à la surface terrestre à la verticale du foyer.



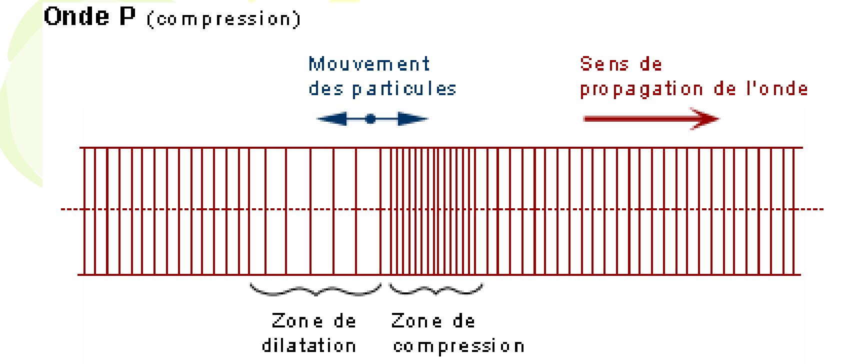
Bloc diagramme de la partie sud-ouest de la Colombie-Britannique montrant la plaque Juan de Fuca qui glisse sous la plaque nord-américaine le long d'une zone de subduction.



N
300 km
LAKE
TOBA
THAILAND
KALIMANTAN
26 décembre 2004
x
x
28 mars 2005
SUMATRA
Sunda Trench
SULAWESI
JAVA
BALI
Indo-Australian Plate
Banda Trench

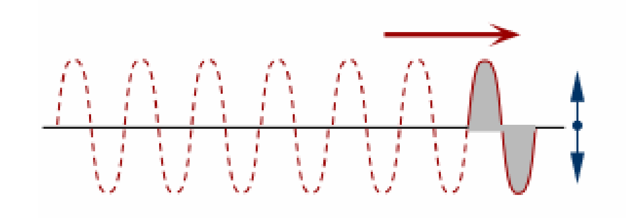

Les Plaques lithosphériques
frontière arbitraire
EURASIE
EURASIE
AMÉRIQUE DU NORD
JUAN DE FUCA
CARAÏBES
PHILIPPINES
COCOS
PACIFIQUE
AFRIQUE
NAZCA
AMÉRIQUE DU SUD
AUSTRALIE
SCOTIA
ANTARCTIQUE

- Dans une région donnée, des séismes se produiront à plusieurs reprises le long d'une même faille, puisque cette dernière constitue un plan de faiblesse dans la lithosphère.
- les séismes ne se produisent que dans du matériel rigide. Par conséquent, les séismes se produiront toujours dans la lithosphère, jamais dans l'asthénosphère qui est plastique.



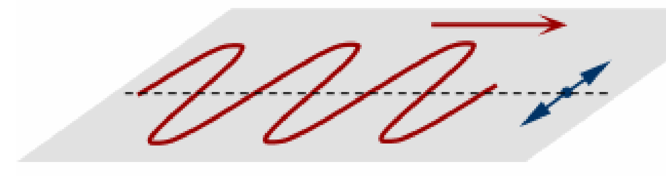
Les **ondes P** sont des ondes de **compression** , se propagent dans tous les états de la matière. Les particules se déplacent selon un mouvement avant-arrière dans la direction de la propagation de l'onde.

Onde S (cisaillement)



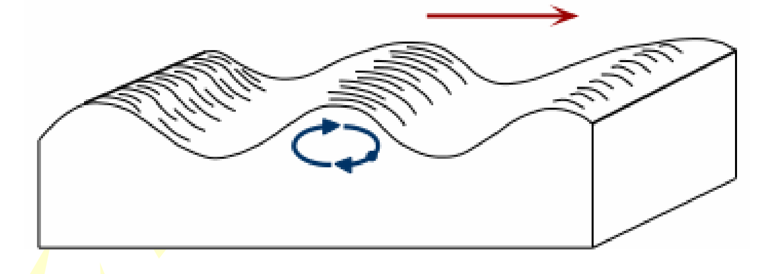
Les **ondes S** sont des ondes de **cisaillement** se propagent que dans les solides. Les particules oscillent dans un plan vertical, à angle droit par rapport à la direction de propagation de l'onde.

Onde L (de Love) (cisaillement)



Les **ondes L** sont des ondes de cisaillement, comme les ondes S, mais qui oscillent dans un plan horizontal

Onde de Rayleigh



Les **ondes de Rayleigh** sont assimilables à une vague ; les particules du sol se déplacent selon une ellipse, créant une véritable vague qui affecte le sol lors des grands tremblements de terre.

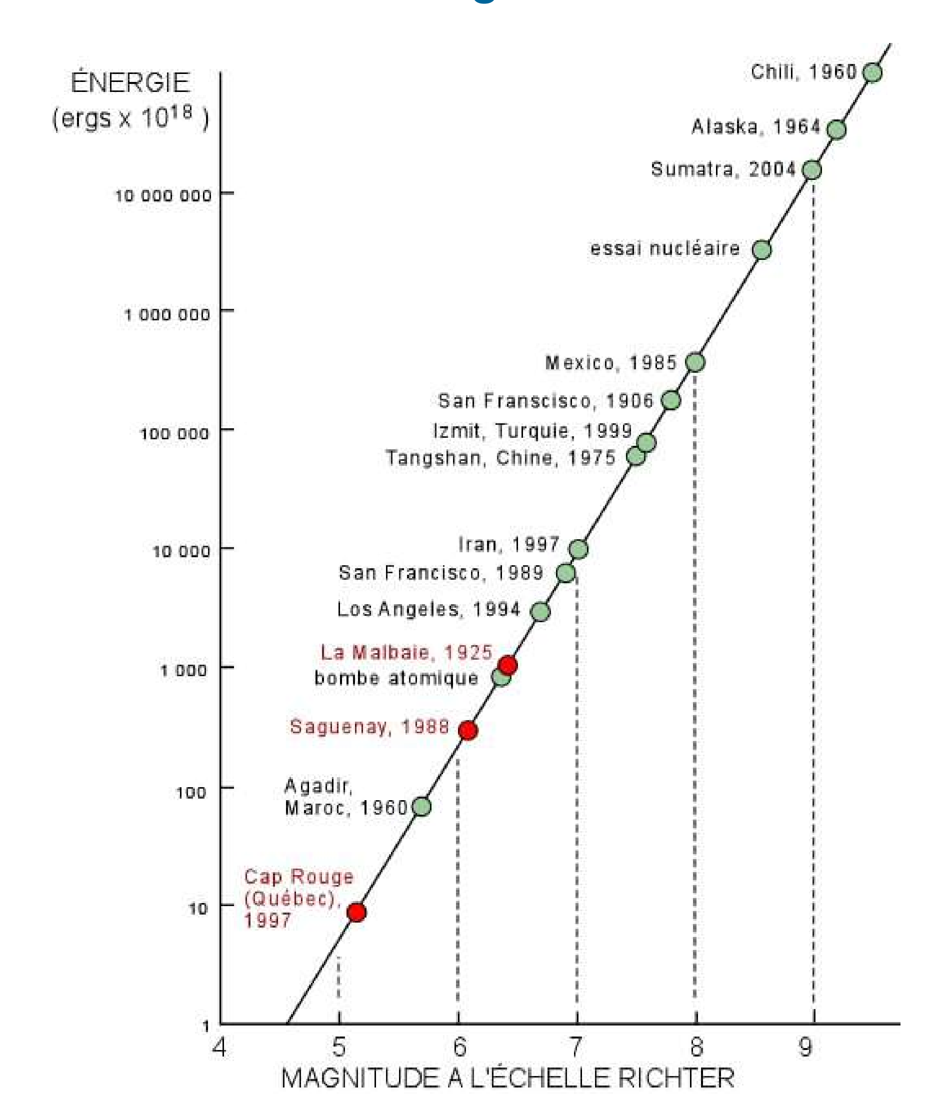
Les échelles de mesure

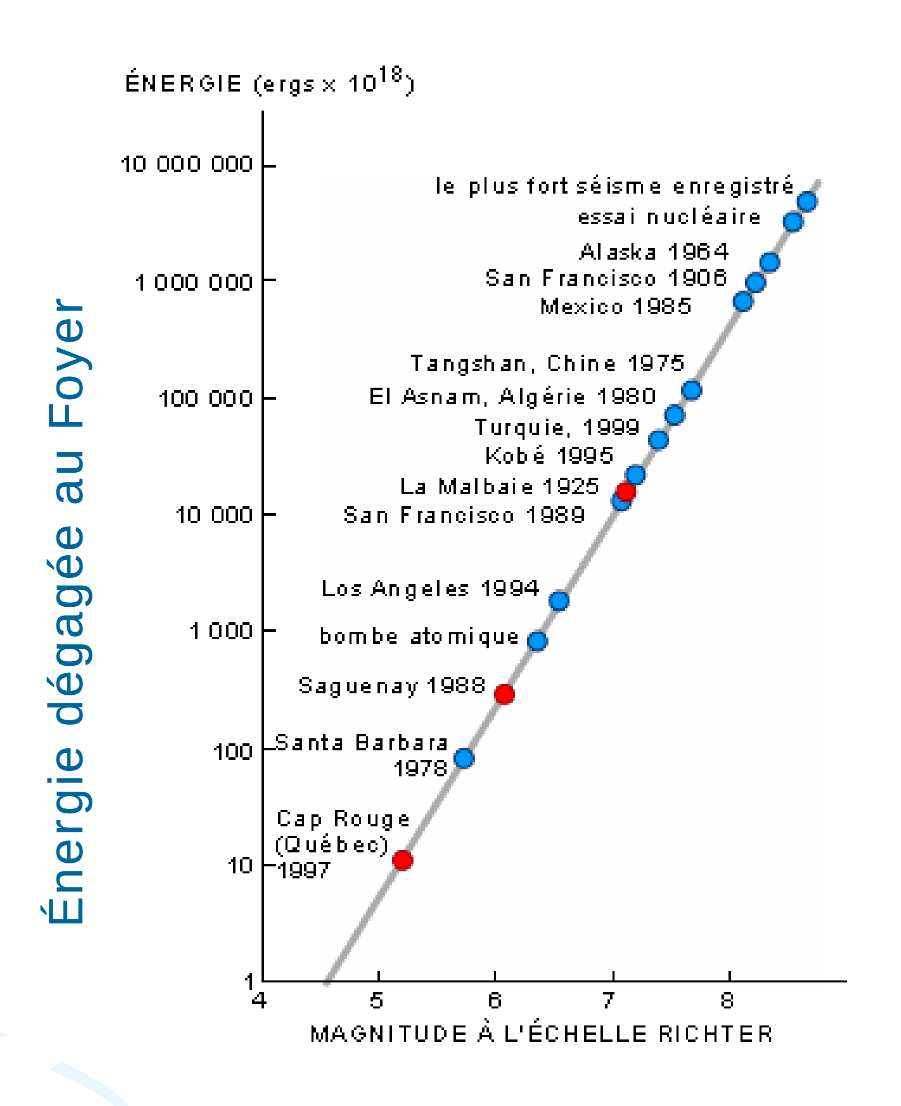
2 types d'échelles ont été utilisées :

- L'échelle **d'intensité** de Mercalli

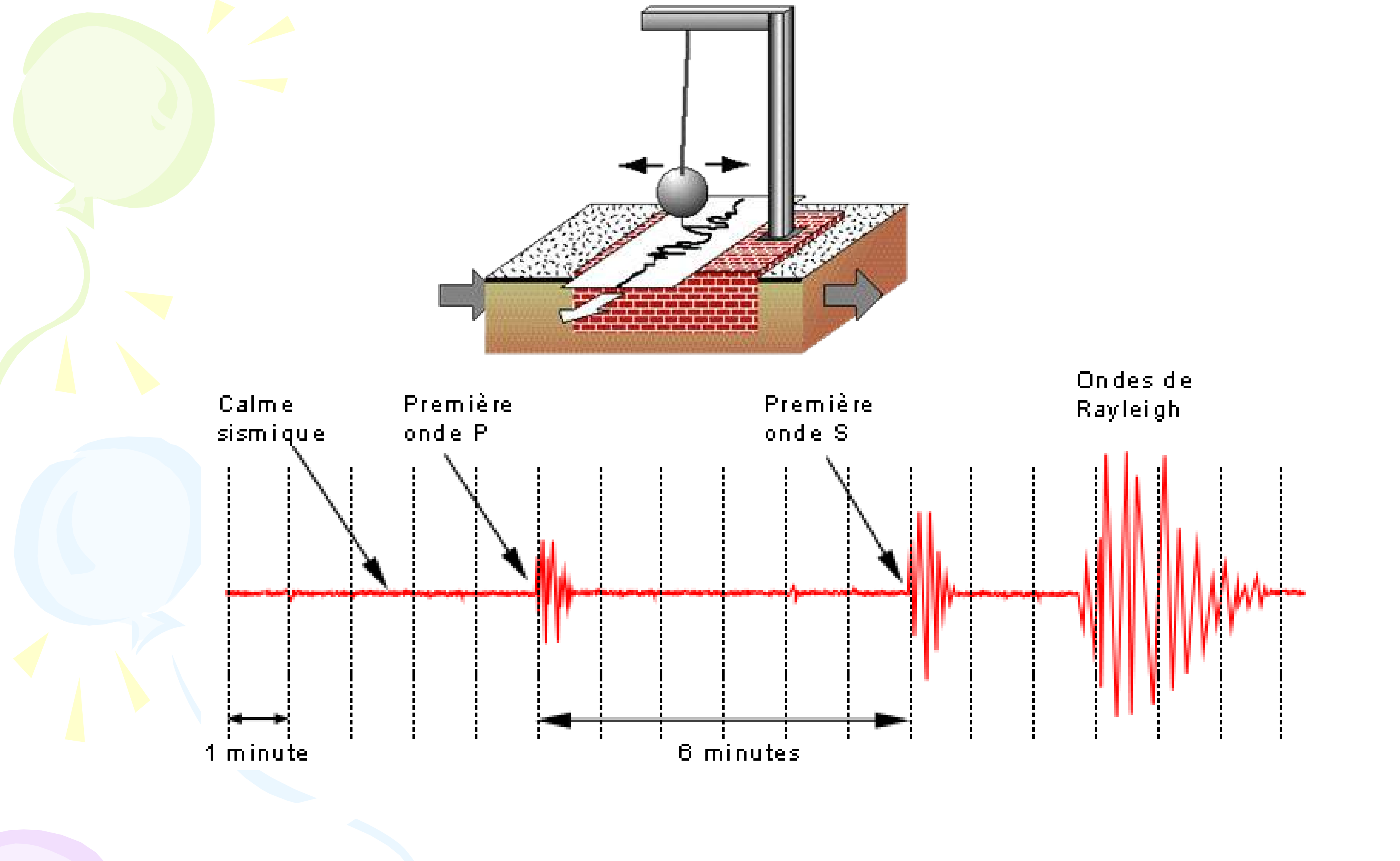
	ÉCHELLE D'INTENSITÉ DE **MERCALLI**	MAGNITUDE À L'ÉCHELLE **RICHTER**
I	Séisme perçu uniquement par quelques personnes dans des circonstances particulières; détecté seulement par des instruments très sensibles.	2 3
II	Perçu par quelques personnes au repos et se trouvant aux étages supérieurs; balancement d'objets suspendus.	
III	Perçu principalement par des personnes à l'intérieur des édifices. Les automobiles stationnées peuvent bouger.	
IV	Perçu par la plupart des gens à l'intérieur des édifices et par certains à l'extérieur; suffisant pour réveiller certaines personnes. Bruits de vaisselle, fenêtres et portes.	4
V	Perçu par presque tout le monde; plusieurs personnes sont réveillées. Bris de vaisselle et de fenêtres; les objets instables sont renversés.	5
VI	Perçu par tout le monde; plusieurs personnes sont effrayées et courent à l'extérieur; quelques meubles sont déplacés; quelques morceaux de plâtre tombent et quelques dommages aux cheminées. Dommages légers.	
VII	La plupart des gens paniquent et courent à l'extérieur; dommages minimes aux constructions conçues pour les zones sismiques, de minimes à moyens chez les bonnes constructions ordinaires, importants chez les mauvaises constructions. Meubles renversés.	6
VIII	Dommages légers aux constructions conçues pour les zones sismiques, importants chez les bonnes constructions ordinaires avec des effondrements possibles, catastrophiques chez les mauvaises constructions.	7
IX	Dommages considérables aux constructions conçues pour les zones sismiques. Edifices déplacés sur leurs fondations. Fissuration du sol. Bris des canalisations souterraines.	
X	Quelques bonnes constructions en bois et la plupart des constructions en maçonnerie sont détruites. Sol fortement fissuré. Plusieurs glissements de terrain se produisent.	8
XI	Très peu de constructions en maçonnerie restent debout; rails tordus; ponts détruits. Larges fissures dans le sol.	
XII	Destruction quasi totale. Ondulations visibles à la surface du sol. Objets projetés dans les airs.	9

L'échelle de **magnitude** de Richter

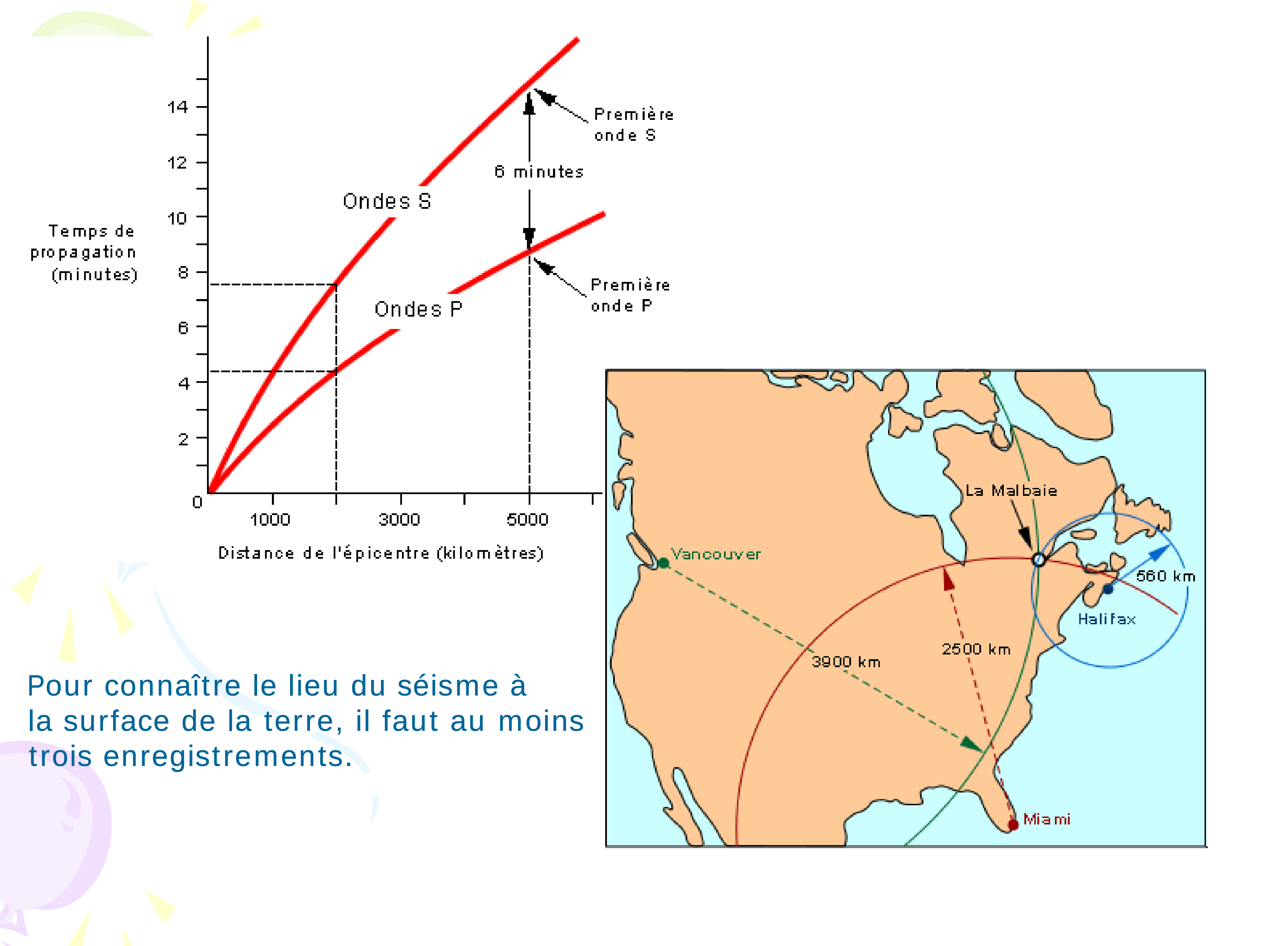




Avec une progression arithmétique de la magnitude, l'énergie dégagée au foyer croît de manière Exponentielle : *un séisme de magnitude 8, n'est pas 25% plus fort qu'un séisme de magnitude 6, mais 1000 fois plus fort*.



Les ondes P se propagent plus rapidement que les ondes S
Les ondes sismiques sont enregistrées en plusieurs endroits du globe par des appareils qu'on nomme sismographes



Pour connaître le lieu du séisme à la surface de la terre, il faut au moins trois enregistrements.

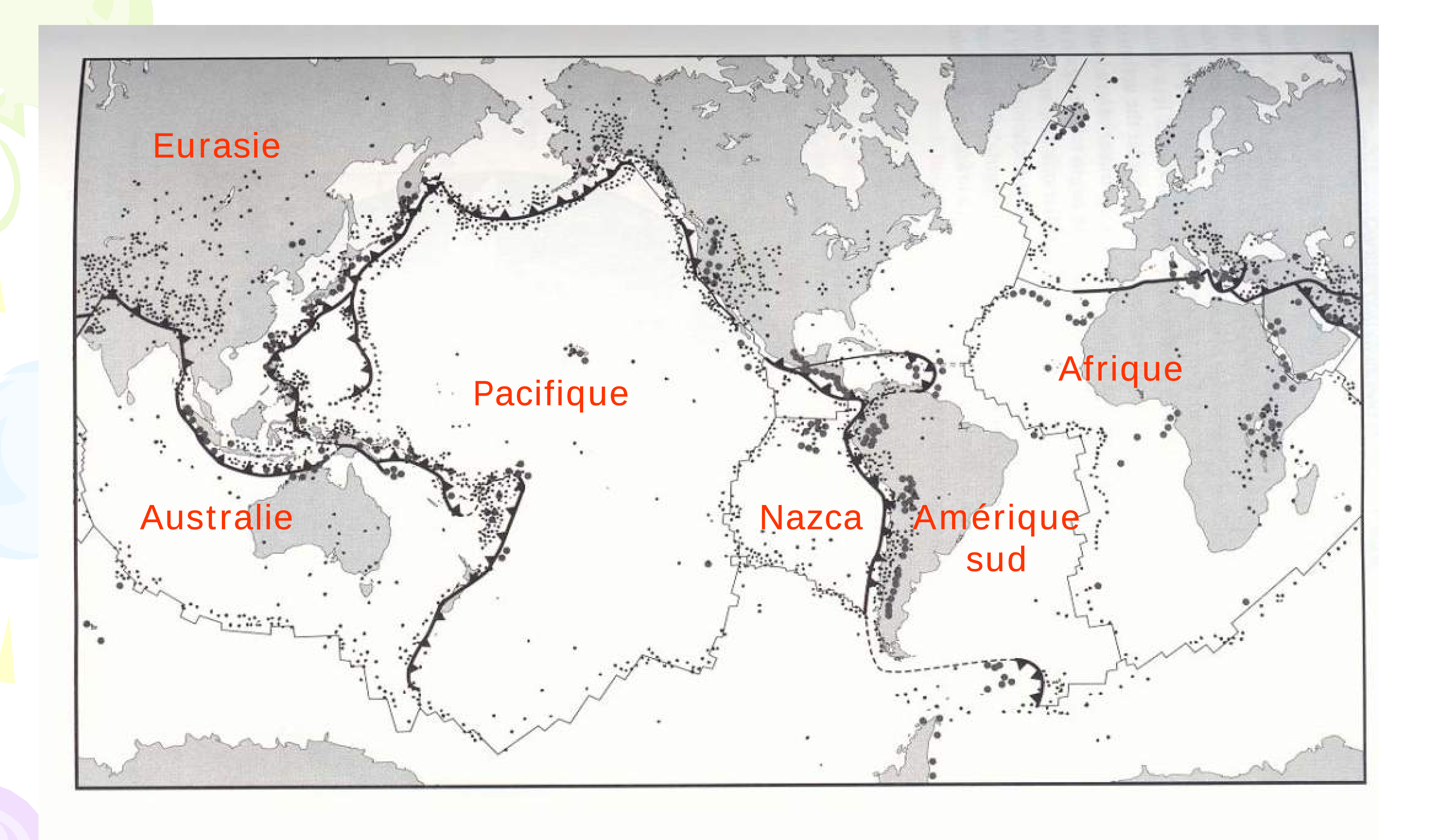


Figure 2.10 Worldwide seismic activity. The dots represent the epicenters of significant earthquakes. It is apparent that the locations of the great majority of earthquakes correspond to the boundaries between plates. (After Bolt, 1988.)



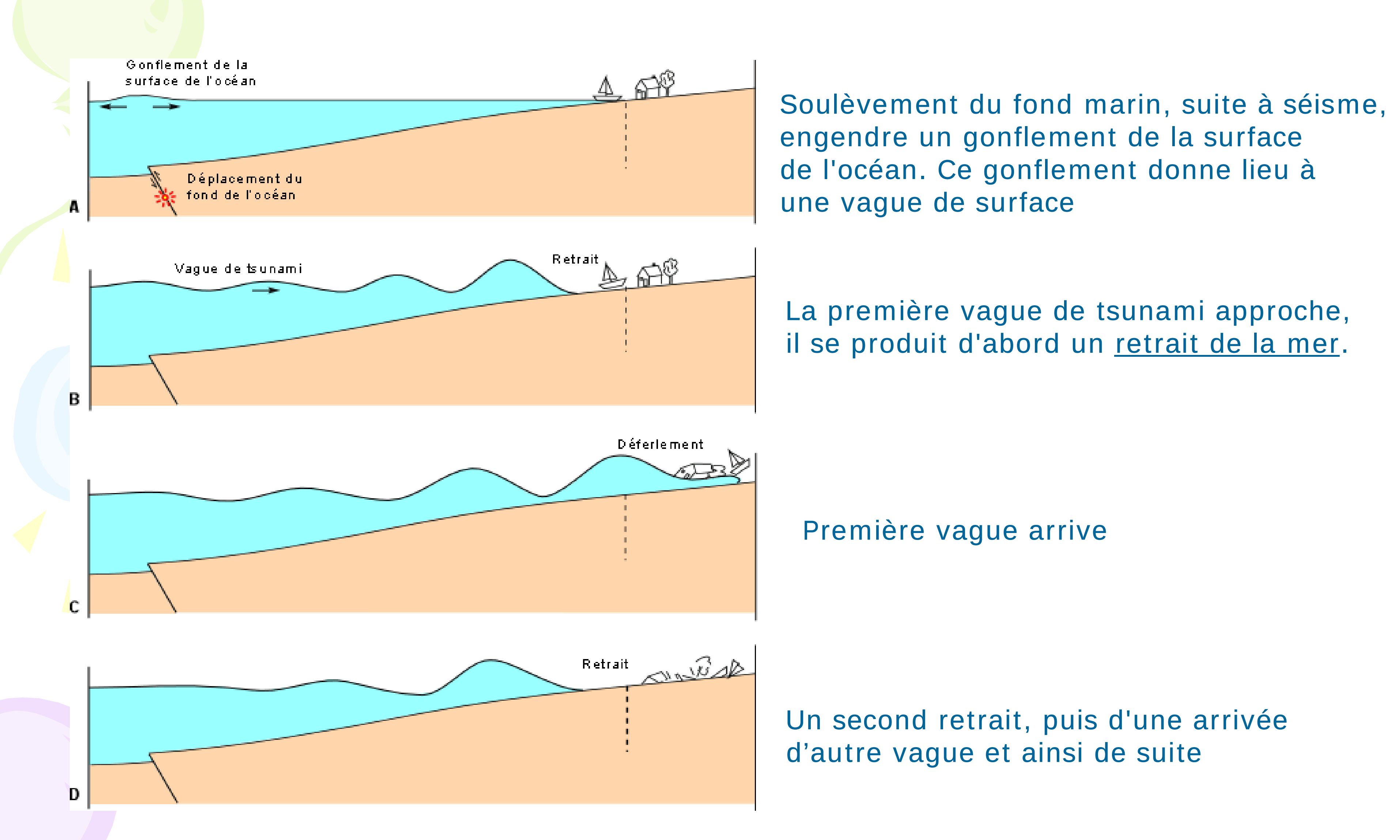
Tsunami ?

En japonais, tsunami vient de tsu « port » et nami « vague ». ,

Un tsunami est constitué par le déplacement rapide et d'une Hauteur variable d'une importante masse d'eau, mise en mouvement par le déclanchement d'un séisme.

Le tsunami se propage à partir du lieu de la secousse, traversant l'océan à une vitesse qui peut atteindre 800 km/h. Au large, les tsunamis font rarement plus de 1 m de haut, mais, en approchant des côtes, leur amplitude augmente : le mur d'eau peut s'élever jusqu'à 30 m de haut.

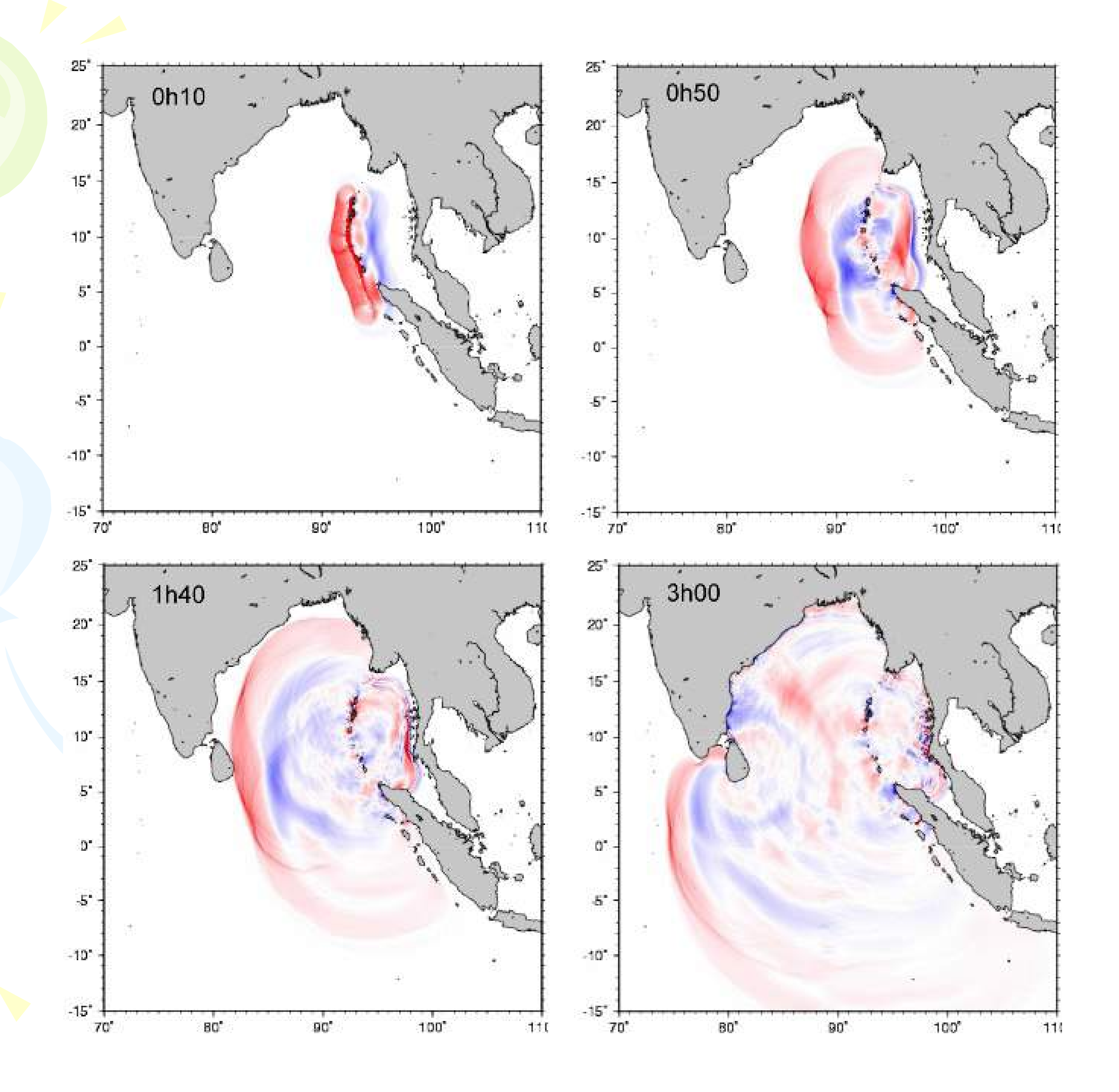
Tsunami et raz de marée : catastrophe consécutive à un séisme



Tsunami en Asie du 25 décembre 2004

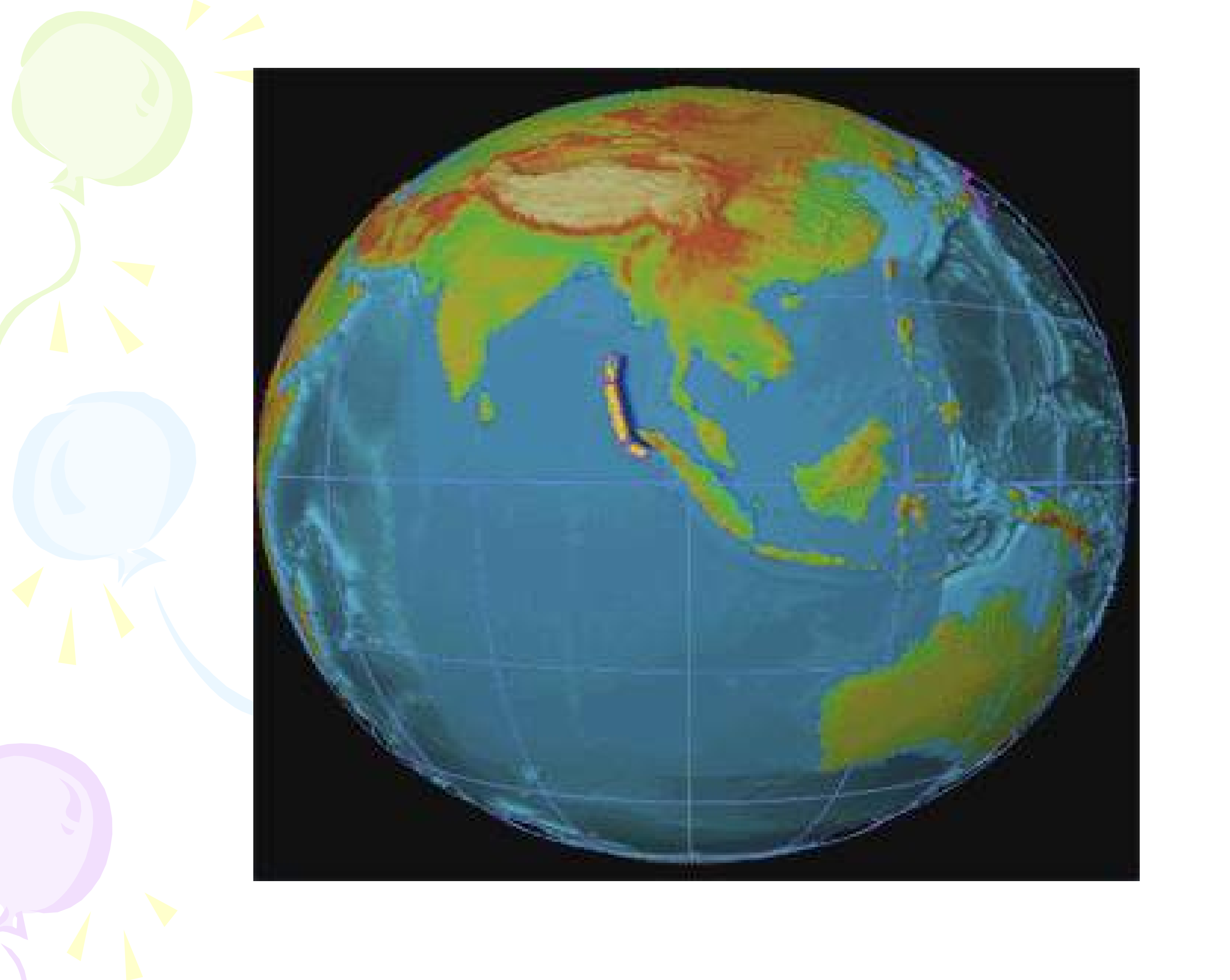
La catastrophe qui a touché l'Asie le 25 décembre 2004 a été provoquée par le plus violent séisme enregistré dans le monde depuis 40 ans.
Les Tsunamis ont été ressentis jusqu'aux côtes d'Afrique de l'est à plus de 6 000 kilomètres.
Le tsunami qui a frappé le sud-est asiatique a couvert plus de 2 200 km en trois heures. Les vagues abordent les côtes à une vitesse de 30 à 40 km/h.
La hauteur de cette masse d'eau de plusieurs centaines de kilomètres de long est comprise entre 10 et 30 m.


50 m
Vitesse de l'onde : 80 km/h
Longueur d'onde : 20 km
Hauteur de la vague : 10 m
6 000 m
Vitesse de l'onde : 800 km/h
Longueur d'onde : 250 km
Hauteur de la vague : <1 m

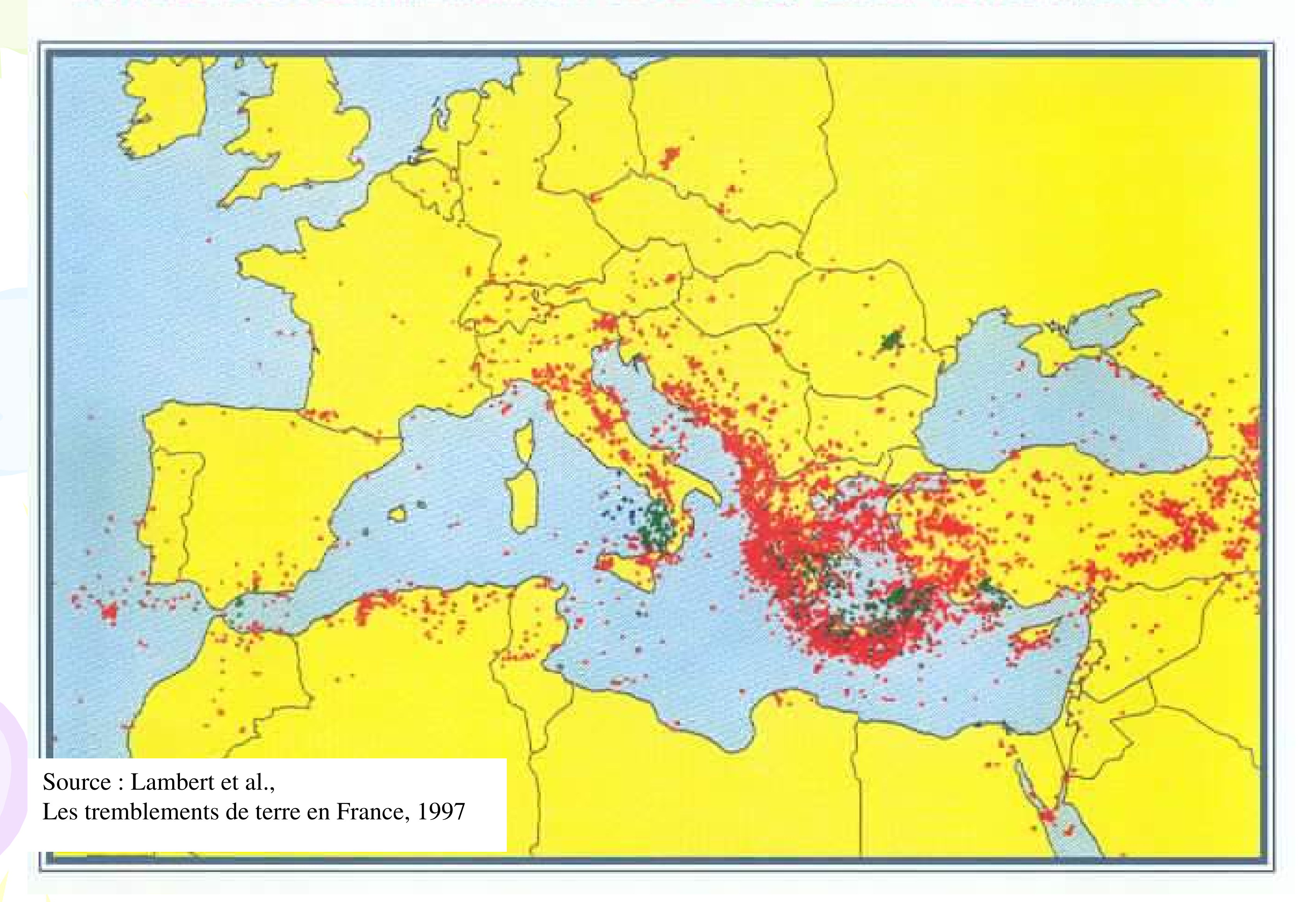


0h10
0h50
1h40
3h00

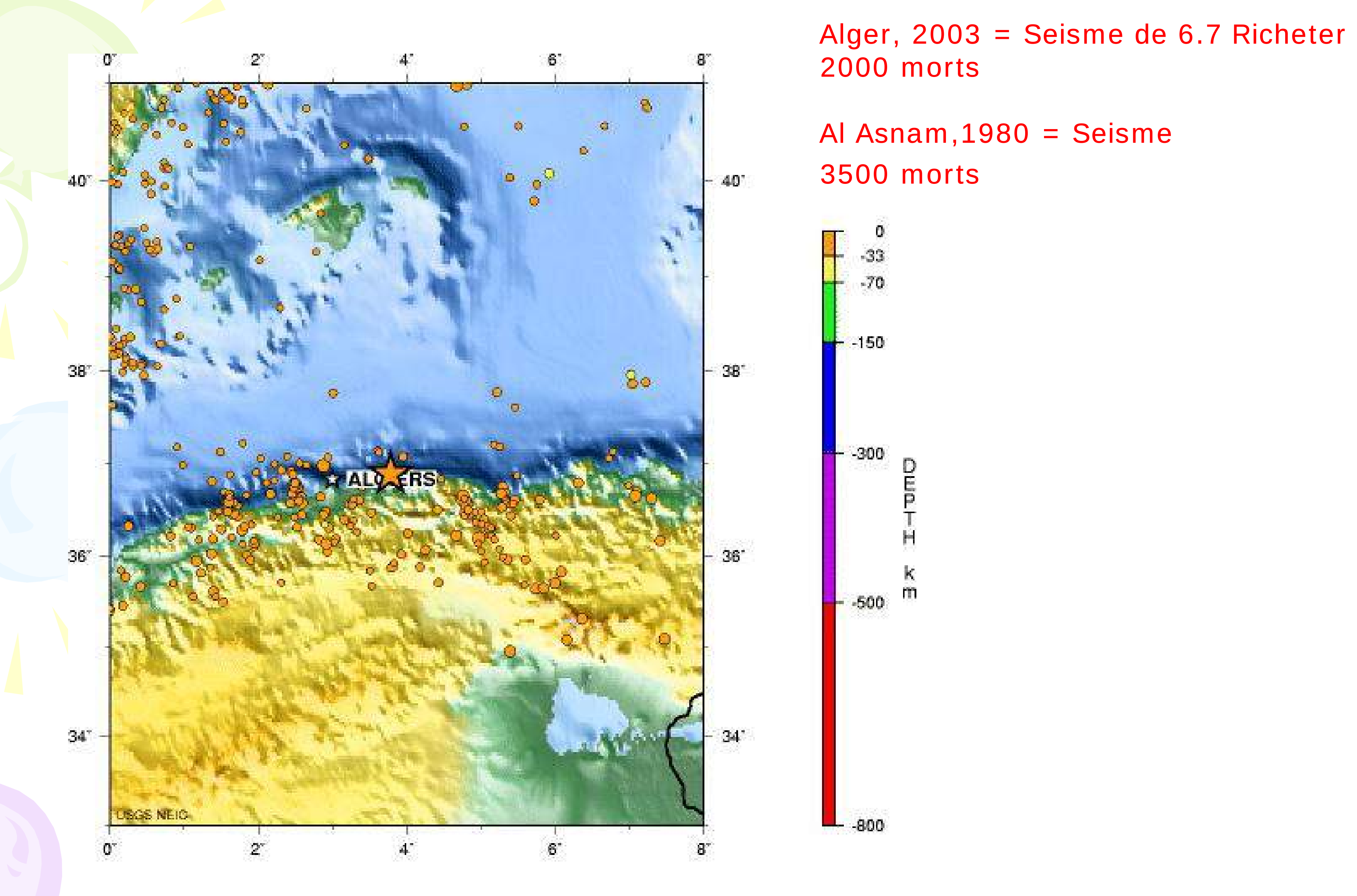




SISMICITÉ EURO-MÉDITERRANÉENNE : 1963-1993, SÉISMES DE MAGNITUDE > 4



Source : Lambert et al.,
Les tremblements de terre en France, 1997



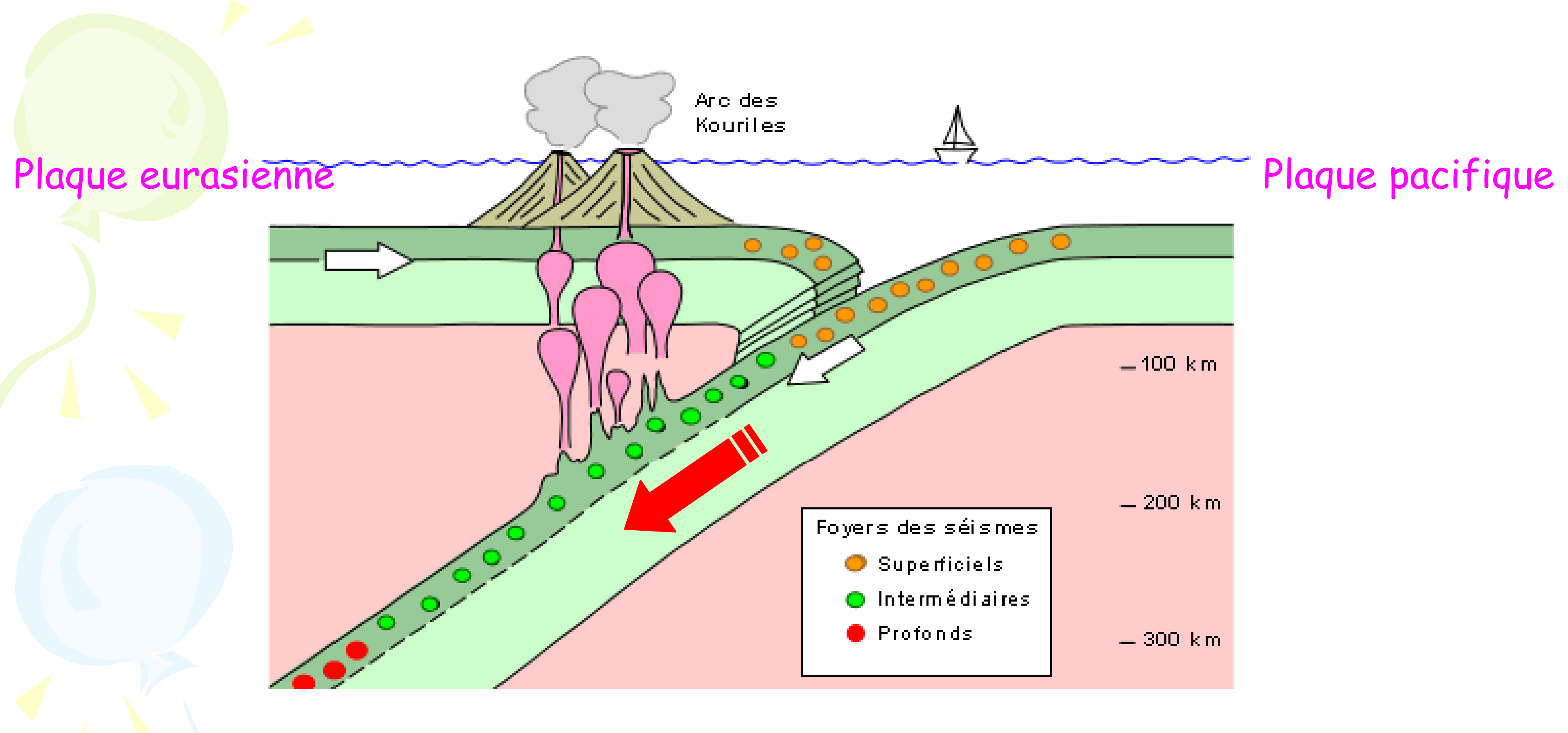
NORTHERN ALGERIA

2003 05 21 18:44:19 UTC 36.89N 3.78E Depth: 10.0 km, Magnitude: 6.7

Seismicity 1990 to Present, Plate Boundaries in Yellow

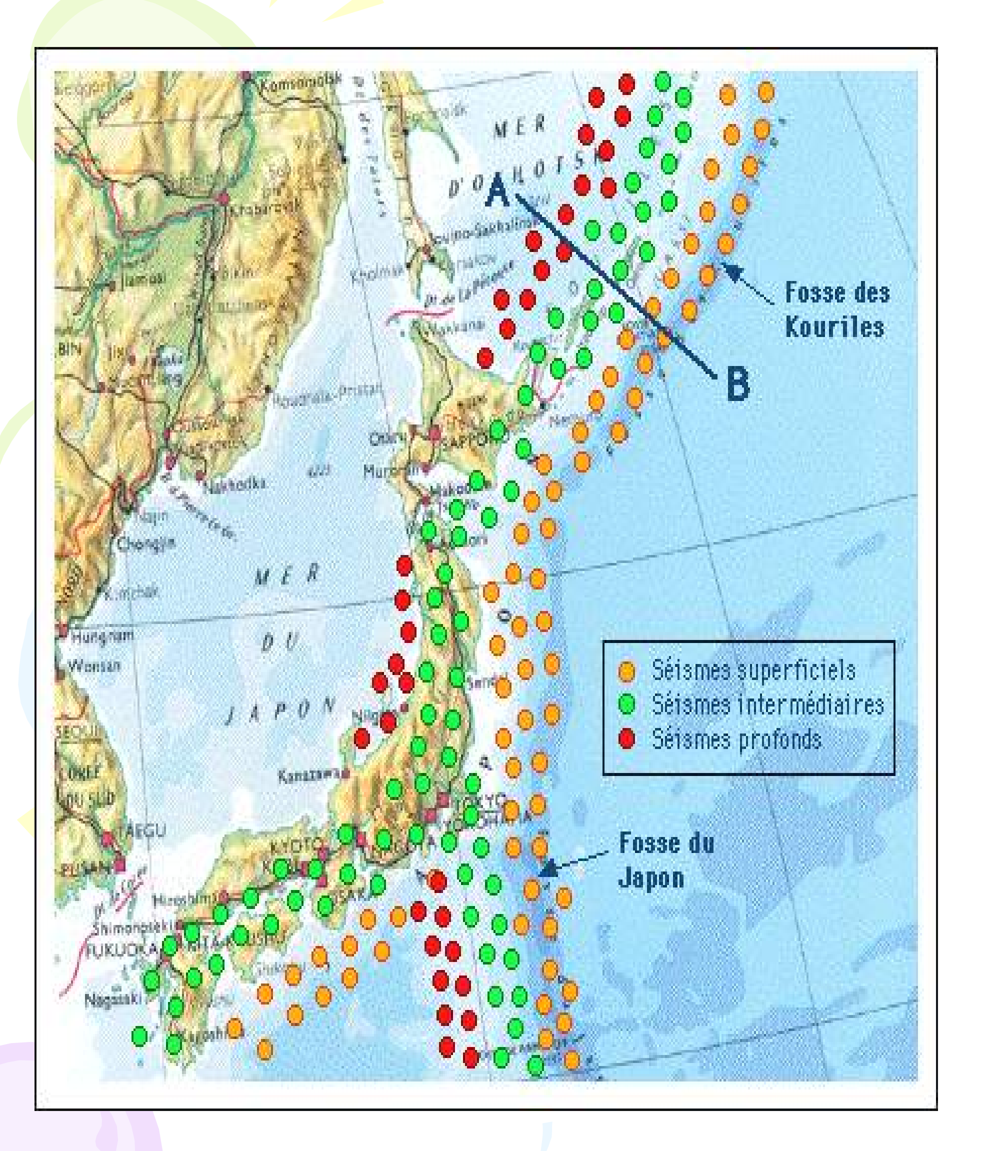
USGS National Earthquake Information Center

La côte nord de l'Algérie est traversée par une limite de plaques lithosphériques continentales convergentes : la plaque eurasienne, au nord, chevauche la plaque africaine au sud. C'est dans cette faille de chevauchement que se déclenchent les séismes de la région.



Là où les deux plaques lithosphériques rigides entrent en collision et se courbent, les fractures dans la lithosphère produisent des séismes de faible profondeur.

L'enfoncement de la plaque rigide dans l'asthénosphère plastique s'accompagne de ruptures et fractures dans cette plaque, ce qui déclenche des séismes intermédiaires et des séismes profonds.



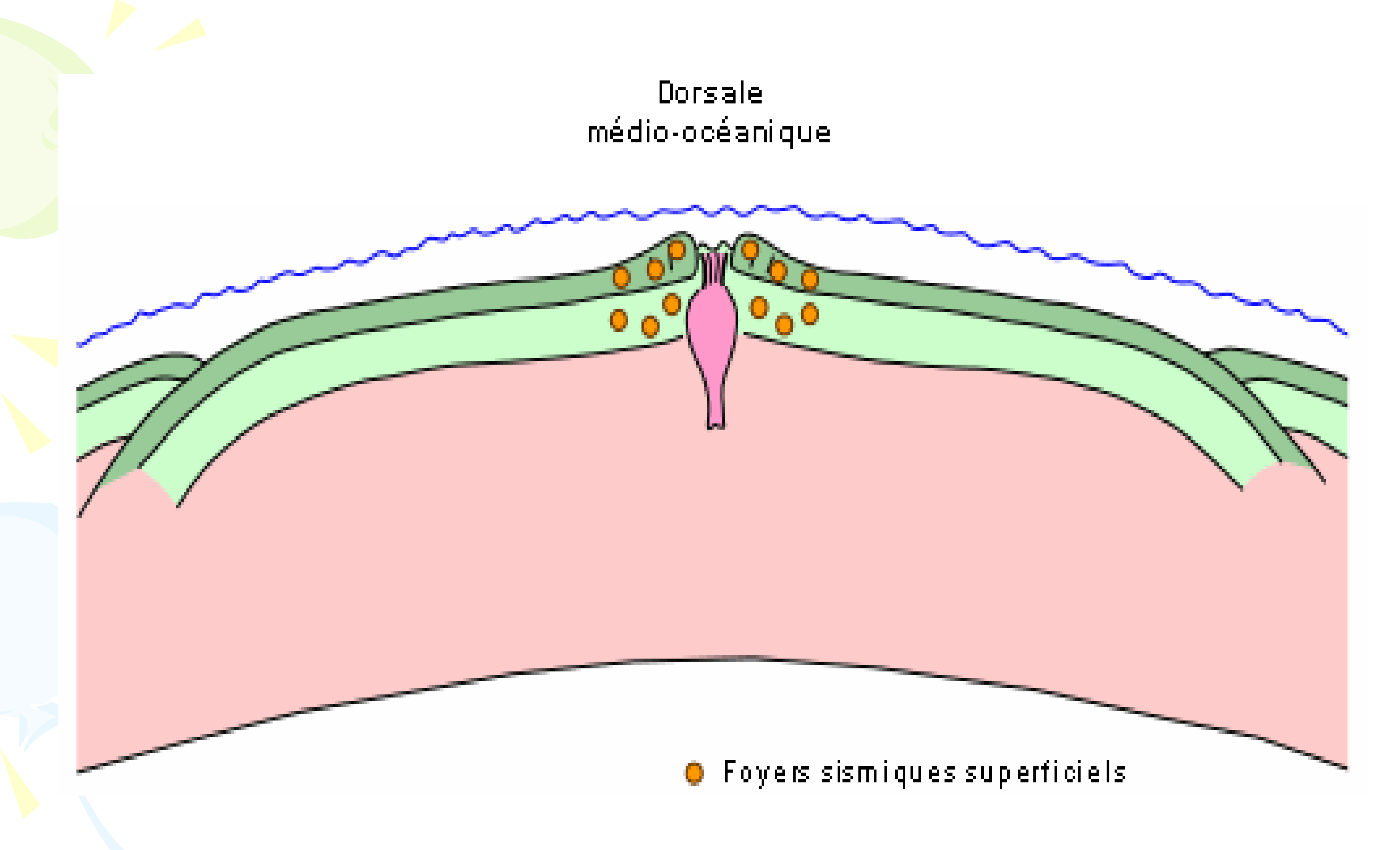
Exemple la zone de convergence Kouriles-Japon dans le nord-ouest du Pacifique

les séismes se produisent surtout aux frontières des plaques lithosphériques

séismes superficiels
qui se produisent en faible profondeur (<10km) qui se retrouvent autant aux frontières divergentes qu'aux frontières convergentes

séismes intermédiaires
qui se produisent en profondeur de 10 à 1OOKm au voisinage des limites convergentes

séismes profonds
qui se produisent en grande profondeur (jusqu'à 700Km) au voisinage des limites convergentes



A la **divergence de plaques**, la lithosphère océanique dépasse rarement les 10-15 km ce qui fait qu'il ne peut y avoir que des séismes superficiels**.**

Même si la grande majorité des séismes se situe aux frontières des plaques

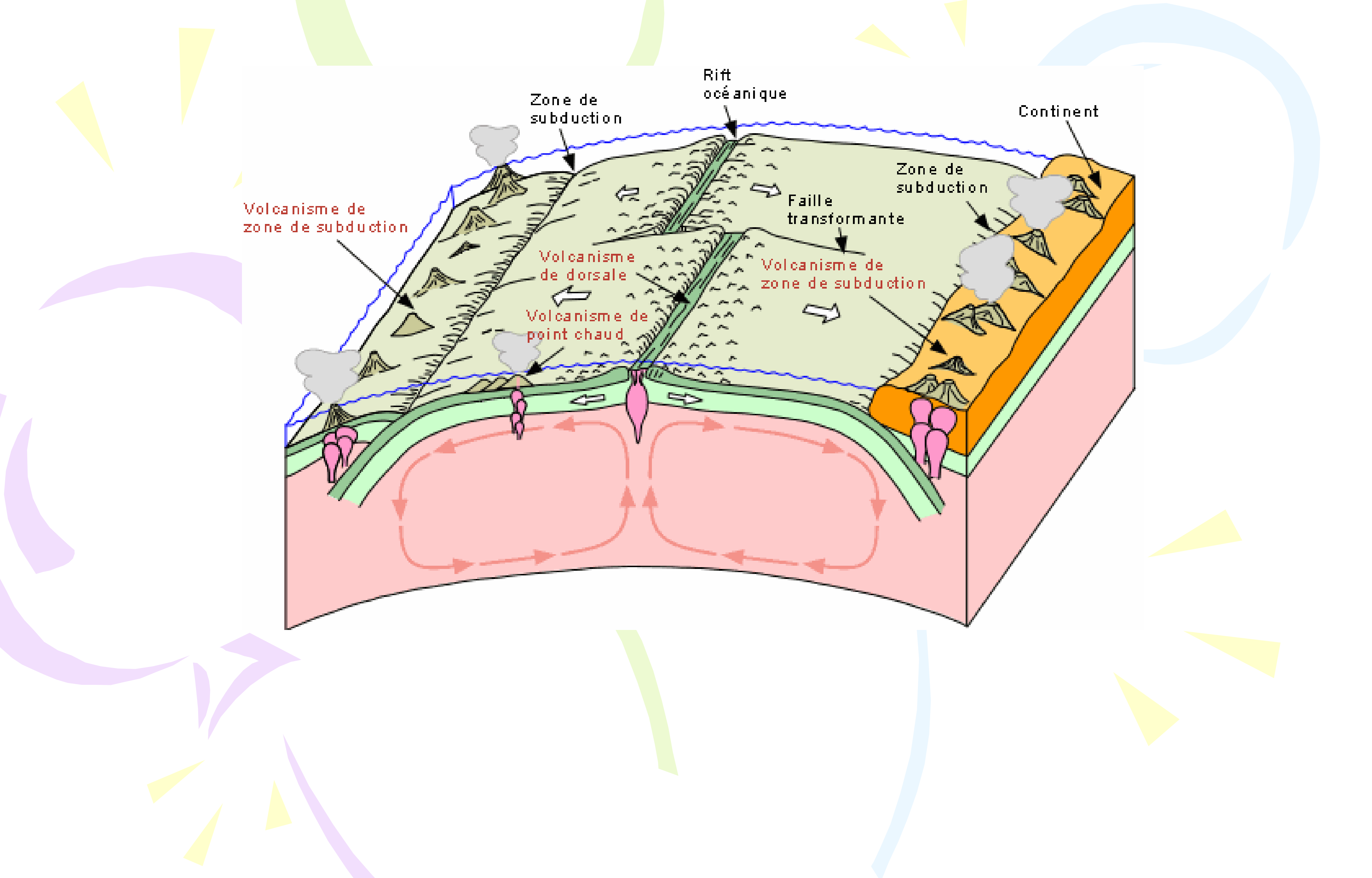
il existe d'autres activités sismiques intra plaque, c'est à dire à l'intérieur

même des plaques lithosphériques.

Par exemple, les séismes associés aux volcans sur les plaques océaniques

et les séismes intra plaques continentales qui sont plus difficile à expliquer.

VOLCANS


Rift
océanique
Zone de
subduction
Continent
Zone de
subduction
Volcanisme de
zone de subduction
Faille
transformante
Volcanisme
de dorsale
Volcanisme de
zone de subduction
Volcanisme de
point chaud

Volcanisme de dorsale

Il existe des volcans sous-marins tout le long des dorsales, particulièrement dans le rift central, là où il se forme de la nouvelle lithosphère océanique.

Exemple : Islande, île volcanique assise sur la dorsale océanique de l'Atlantique nord et qui est formée uniquement de volcans.

Volcanisme de zone de subduction

Le volcanisme relié à l'enfoncement d'une plaque sous l'autre va former des chaînons de volcans.

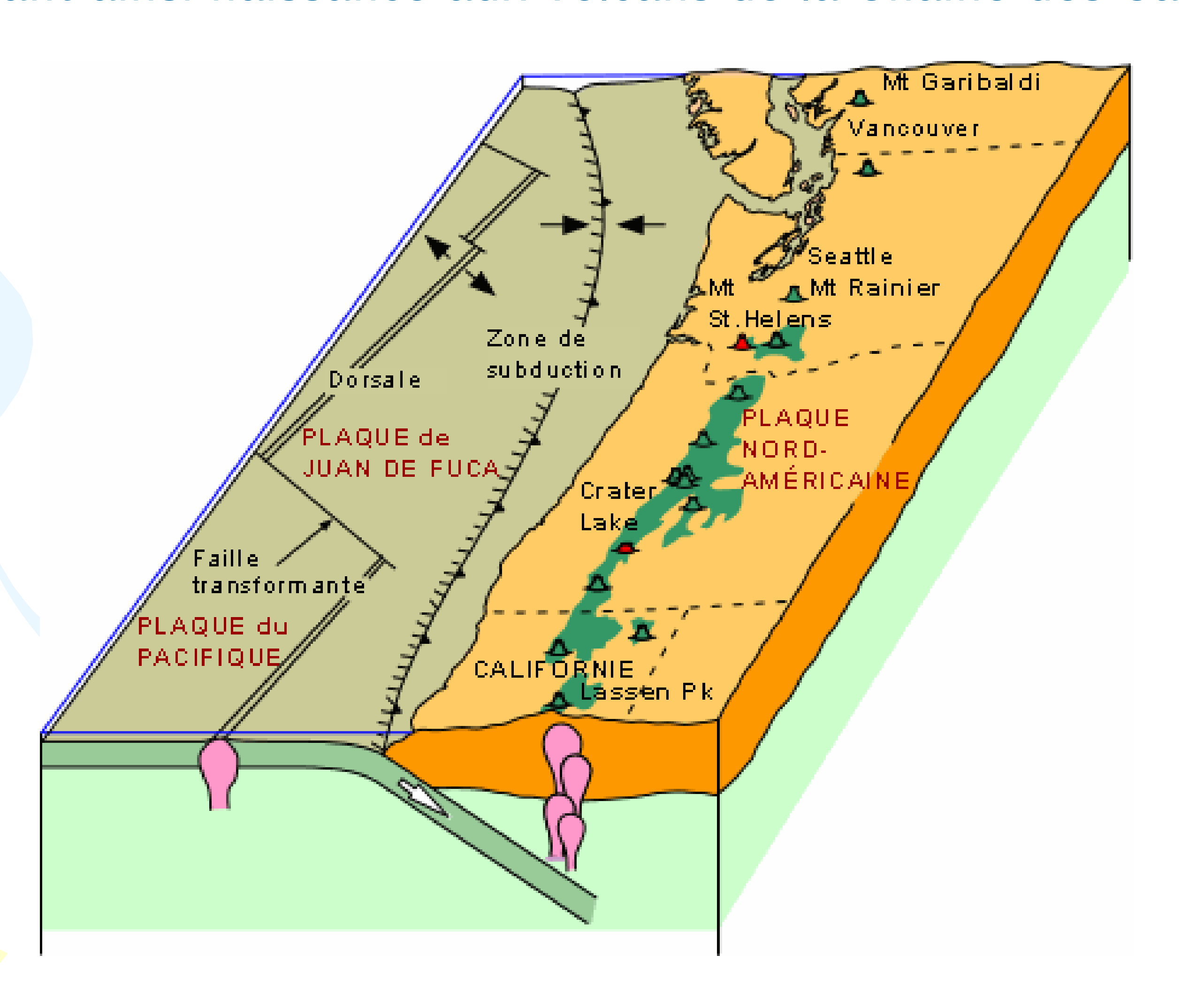
Selon qu'il s'agisse d'une collision entre deux plaques océaniques, ou entre une plaque océanique et une plaque continentale, la nature du volcanisme diffère :

Dans le cas où il y a convergence entre deux plaques océaniques, on a formation d'un arc insulaire (chaînon de volcans dans l'Océan).

Dans le cas où il y a convergence entre une plaque océanique et une plaque continentale, on formation d'un arc continental (chaînon de volcans sur le continent).

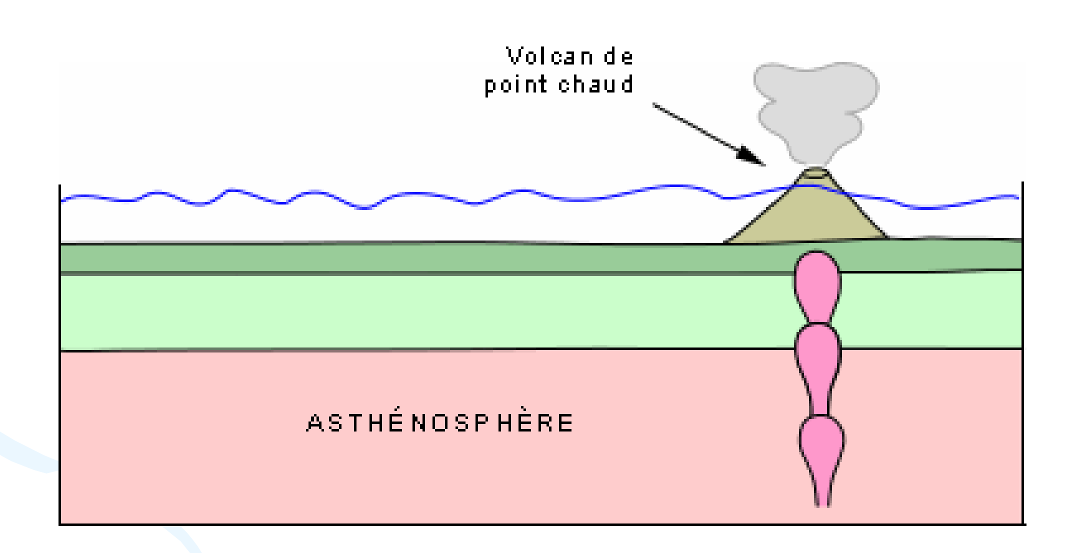
Arc continental

la plaque de Juan de Fuca plonge sous la plaque nord américaine, donnant ainsi naissance aux volcans de la Chaîne des Cascades.

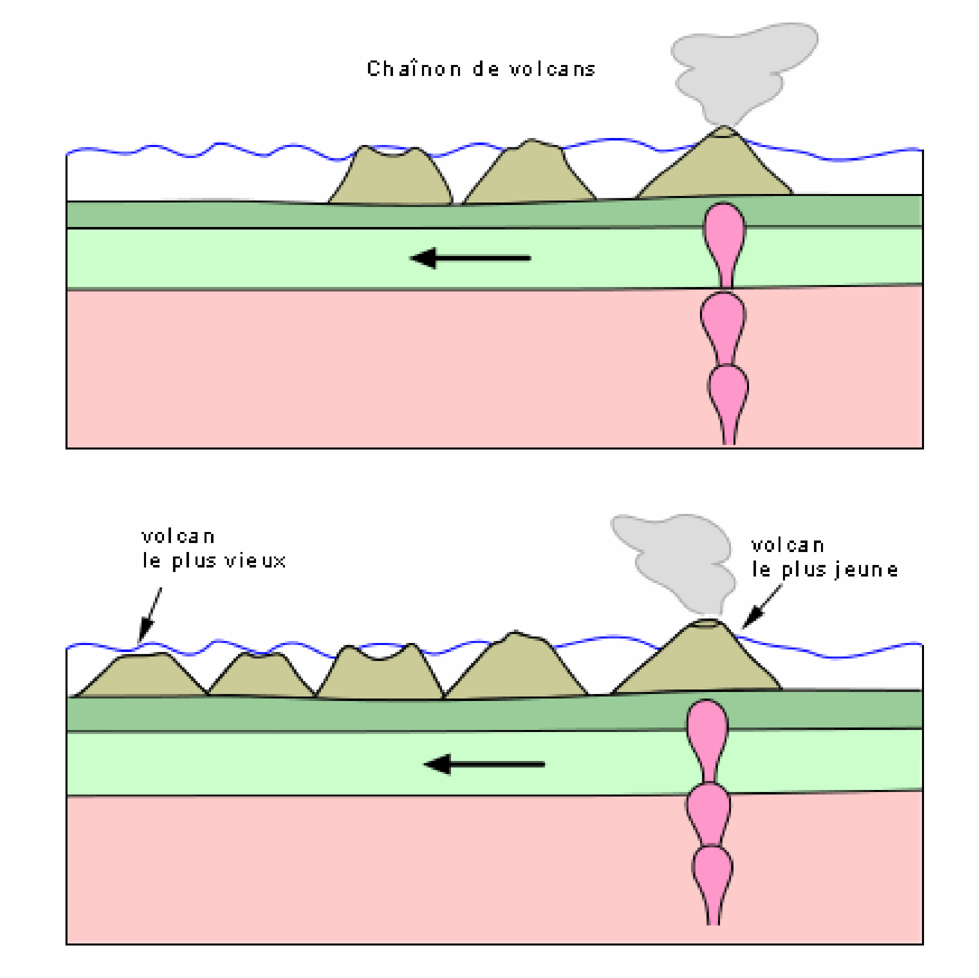


Volcanisme de point chaud

Le volcanisme de point chaud est un volcanisme intraplaque, qu'on retrouve principalement, mais pas exclusivement, sur les plaques océaniques.
Il provient de d'une concentration locale de la chaleur qui provoque une fusion partielle du manteau.



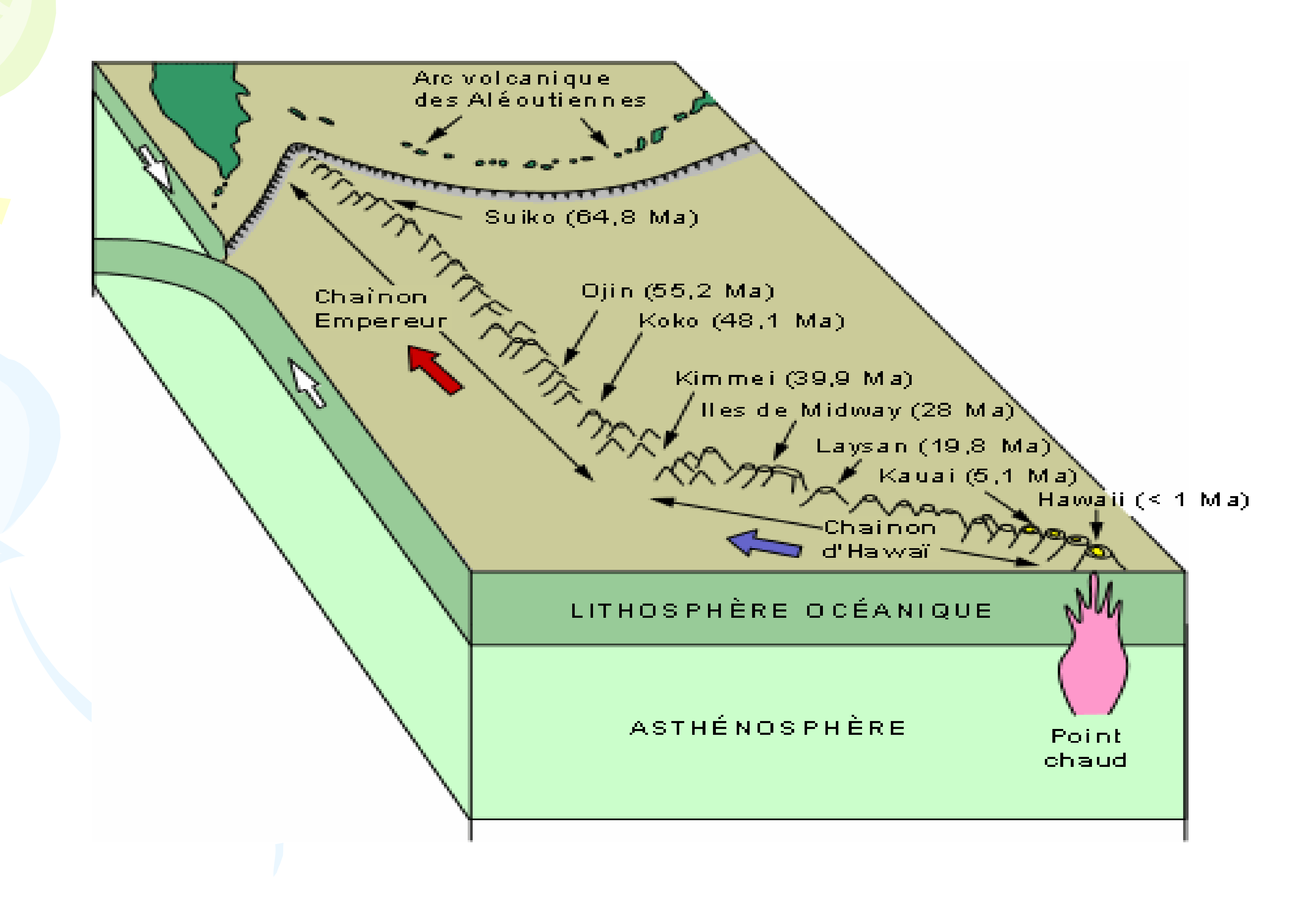
Exemple de ce type de volcanisme : îles de Hawaii



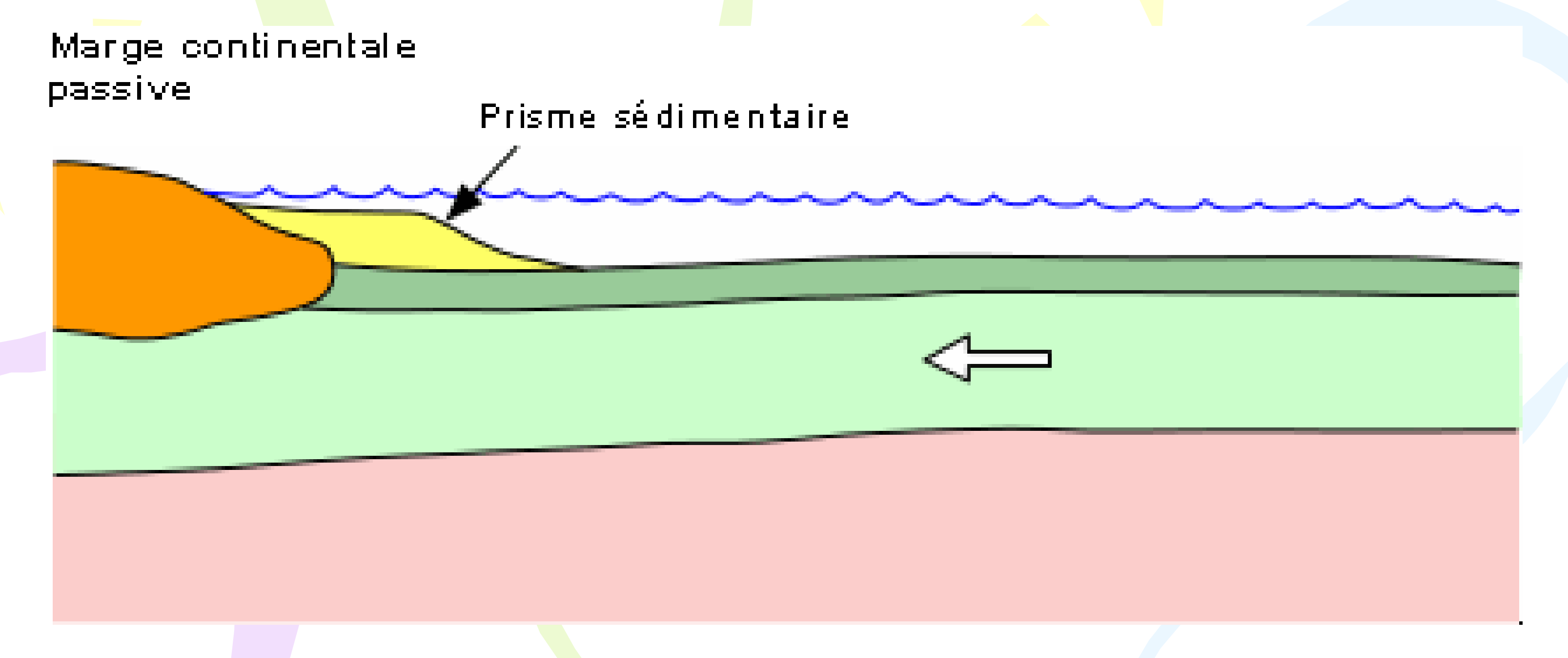
Si une plaque lithosphérique se déplace au-dessus d'un point chaud (zone de subduction) qui fonctionne sporadiquement, il se construit un chaînon de volcans. Les volcans les plus vieux se situent à l'extrémité du chaînon, alors que les plus jeunes se situent à proximité du point chaud.

Ce volcanisme est un indicateur de déplacement de la lithosphère océanique.

Exemple : chaînon des îles Hawaii

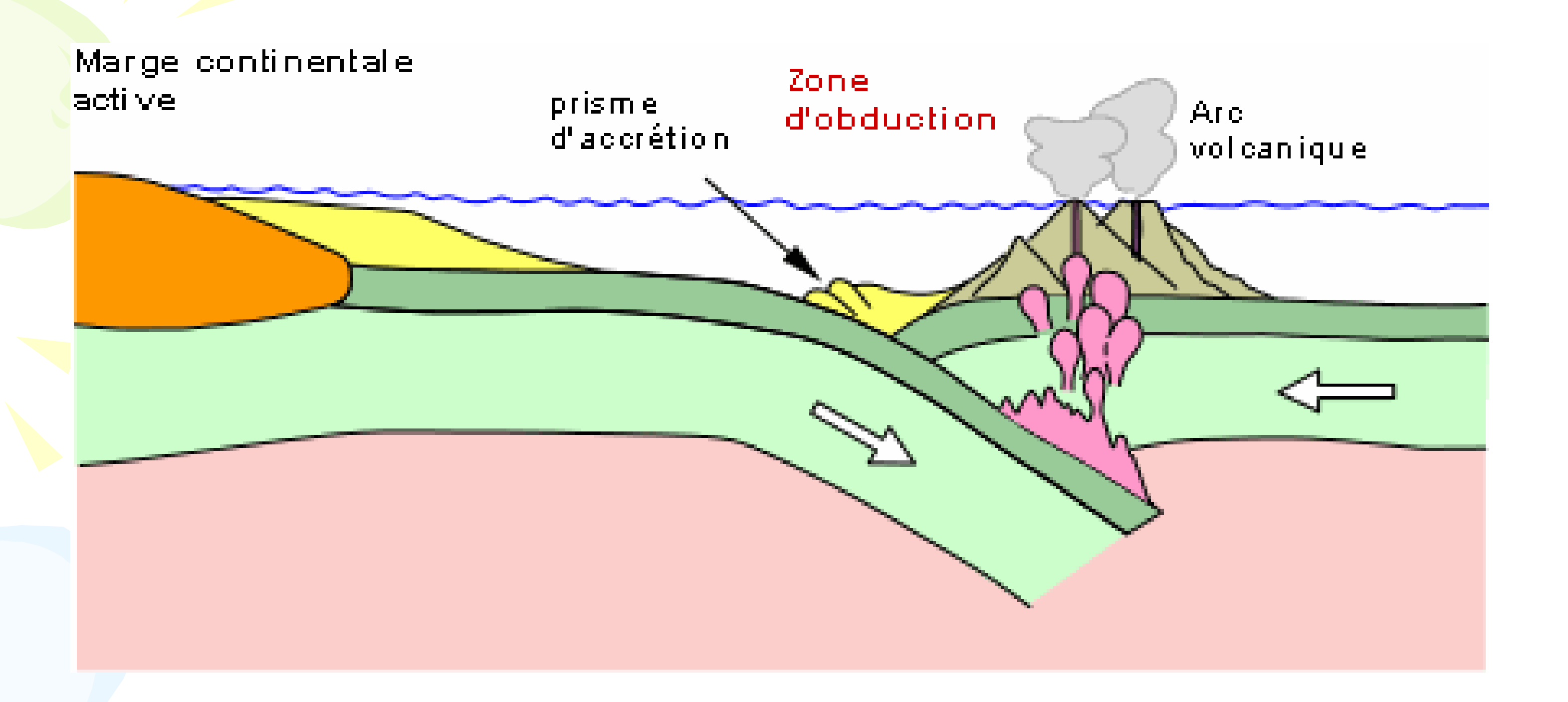


CHAINES DE MONTAGNES



✓Sur la **marge continentale passive**, comme par exemple celle de l'Atlantique actuelle, s'accumule sur le plateau continental et à la marge du continent un prisme de sédiments provenant de l'érosion du continent.

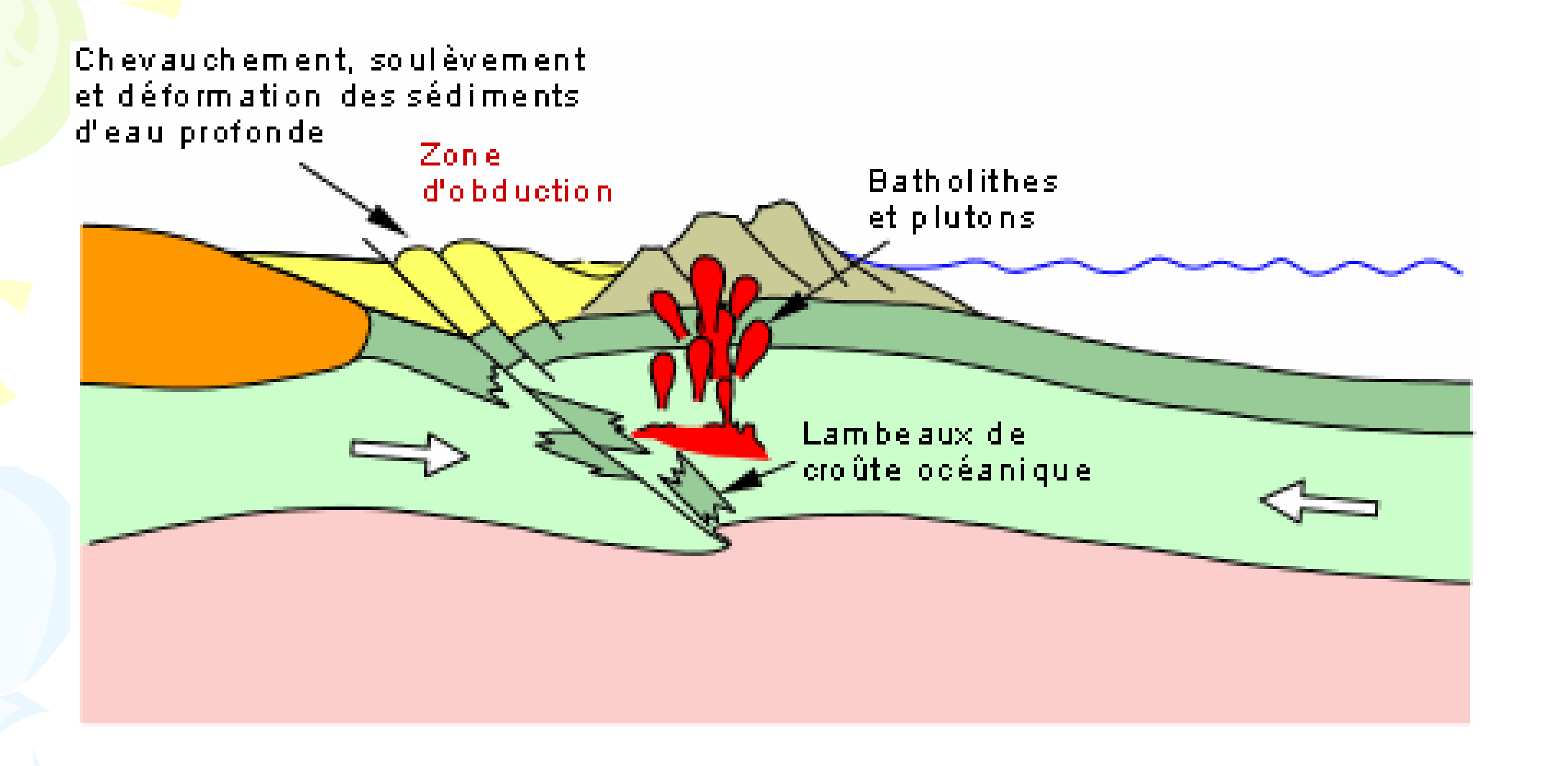
✓En s'éloignant de plus en plus de la zone de divergence,la lithosphère devient de plus en plus dense



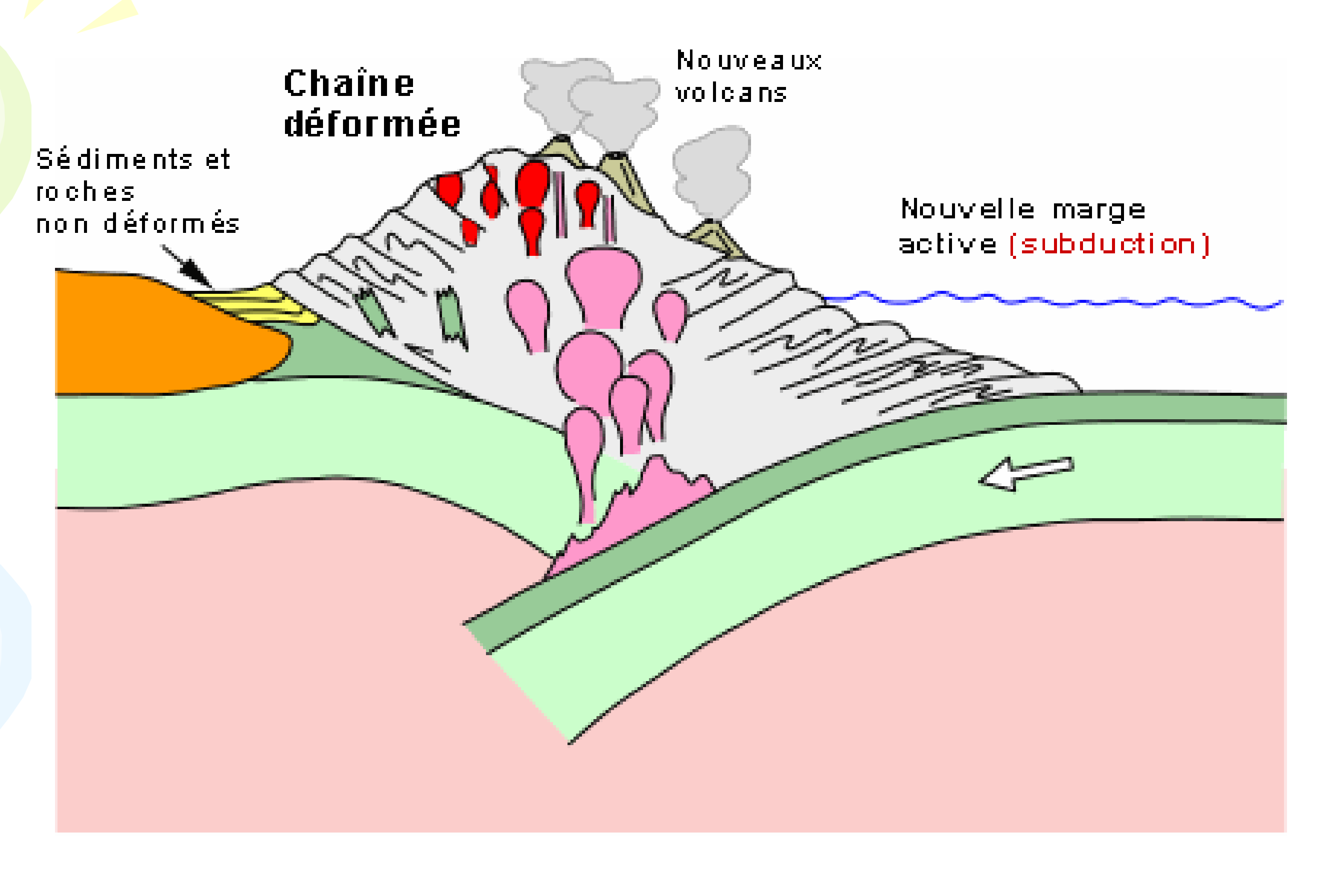
✓Sous la poussée du *tapis roulant* et l'augmentation de la densité, cette lithosphère se fracture et une partie s'enfonce sous l'autre

✓On passe d'une situation de **marge passive** à une situation de **marge continentale active**. Au large du continent, il se forme un arc volcanique insulaire.

✓Le chevauchement progressif de la plaque océanique sur ce qui reste de plaque océanique du côté continental concentre le matériel qui se trouve sur les fonds océaniques pour former un prisme d'accrétion qui croît à mesure de la fermeture entre l'arc volcanique et le continent



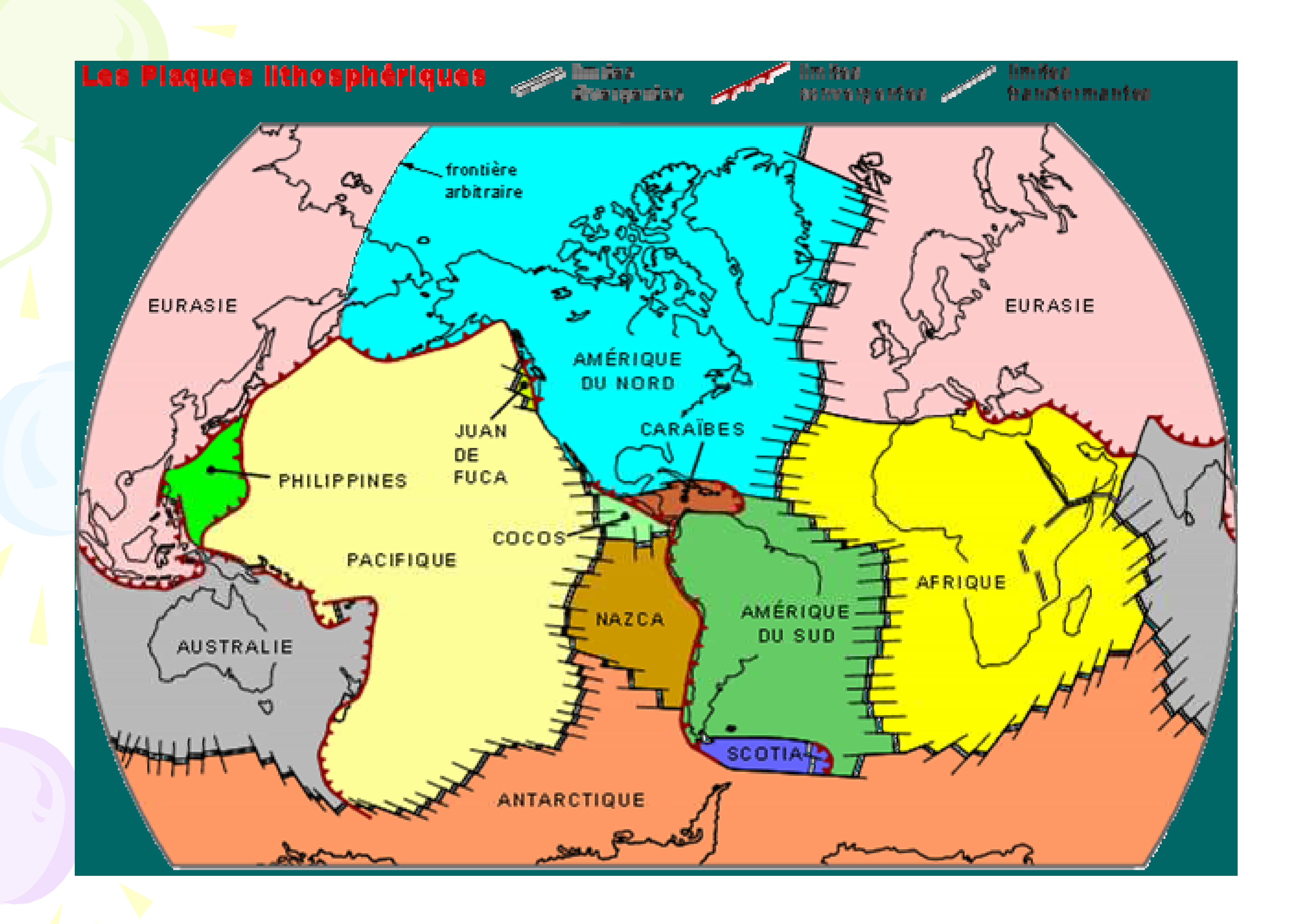
La collision entre l'arc volcanique et le continent crée un chevauchement important de tout le matériel du prisme d'accrétion sur la marge continentale. L'activité ignée cesse et de grandes masses de roches ignées (en rouge) peuvent rester coincées dans la lithosphère.



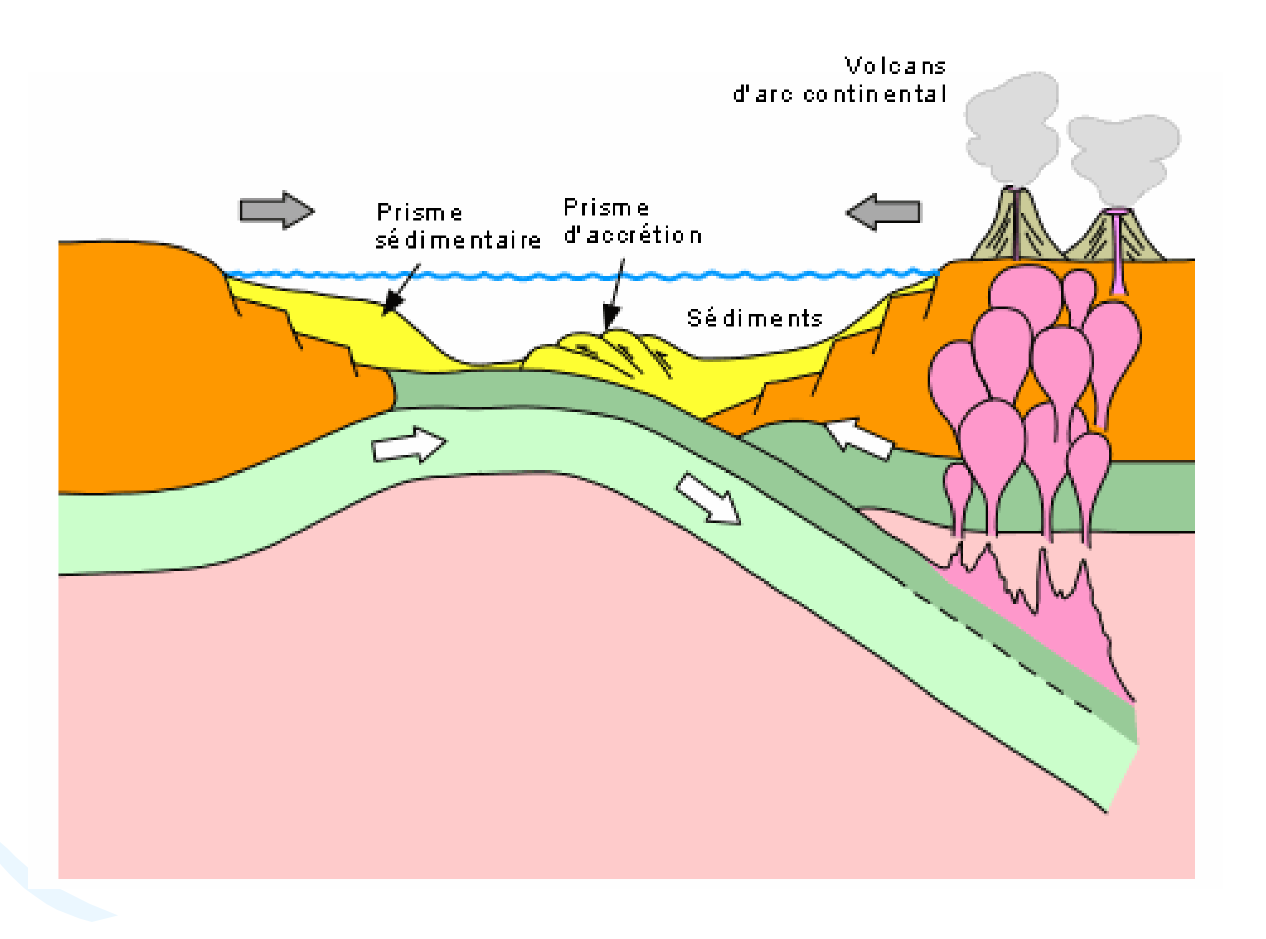
✓la poursuite du mouvement concentre encore plus de matériel et forme une chaîne déformée que l'on qualifie de **chaîne de montagnes immature**

✓La marge de cette chaîne immature peut se transformer en une nouvelle zone active (**subduction**), ce qui permet à la collision de se poursuivre et instaure du volcanisme d'arc continental sur la nouvelle chaîne.

Un exemple de cette dernière situation est la Cordillère des Andes, reliée à la collision de la plaque océanique de Nazca et la partie continentale de la plaque de l'Amérique du Sud

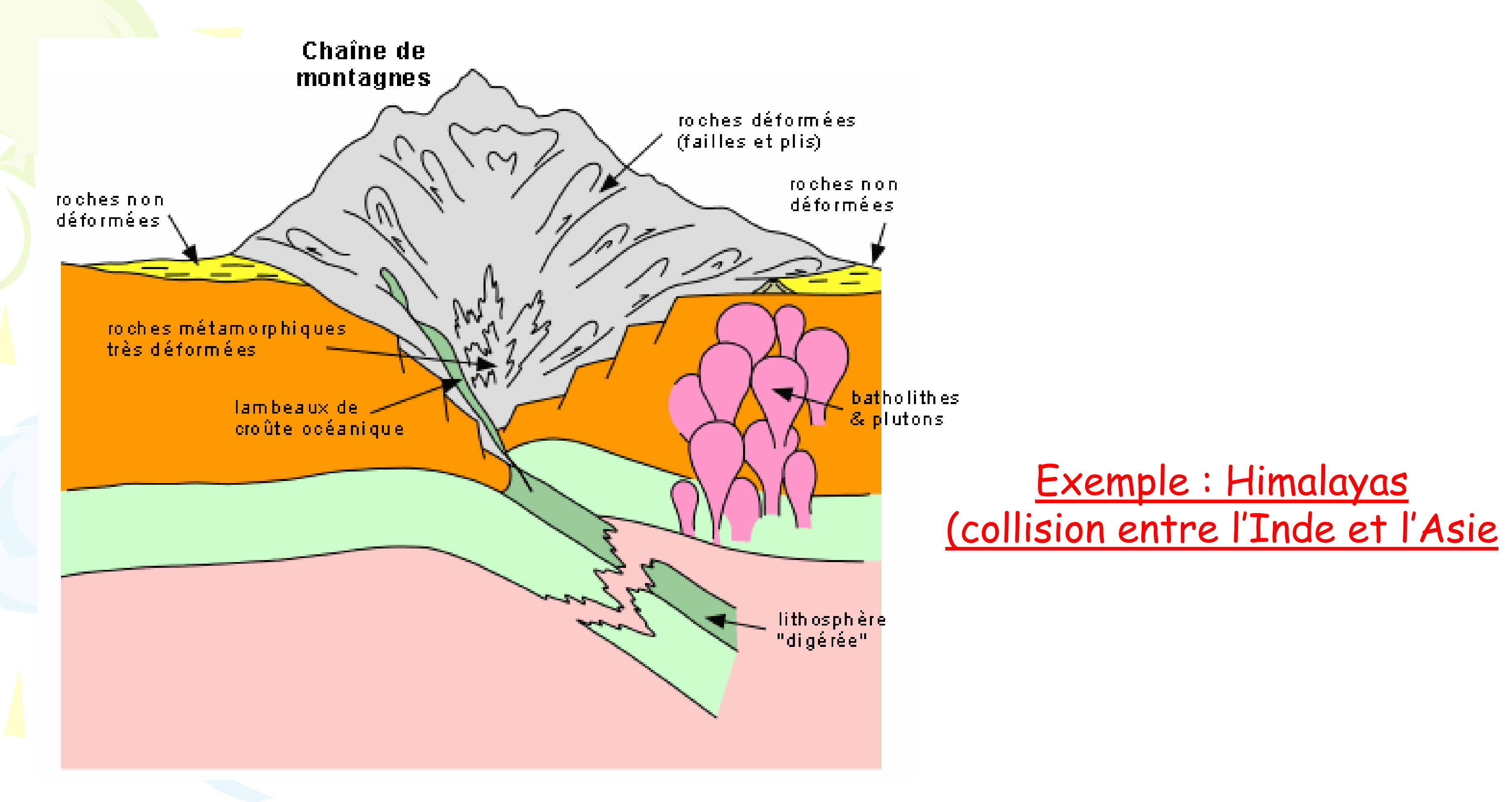

Les Plaques lithosphériques
frontière arbitraire
EURASIE
EURASIE
AMÉRIQUE DU NORD
JUAN DE FUCA
CARAÏBES
PHILIPPINES
COCOS
PACIFIQUE
AFRIQUE
NAZCA
AMÉRIQUE DU SUD
AUSTRALIE
SCOTIA
ANTARCTIQUE

chaîne de montagnes mature



❖ La chaîne de montagnes mature est formée par la collision entre deux plaques continentales

❖ Le rapprochement des 2 plaques continentales conduit à la formation d'un prisme d'accrétion qui croît progressivement



❖ Avec la collision des deux plaques (Eurasie et Australie) et la cessation du mouvement, la chaîne a atteint sa hauteur maximum et acquis ses caractéristiques

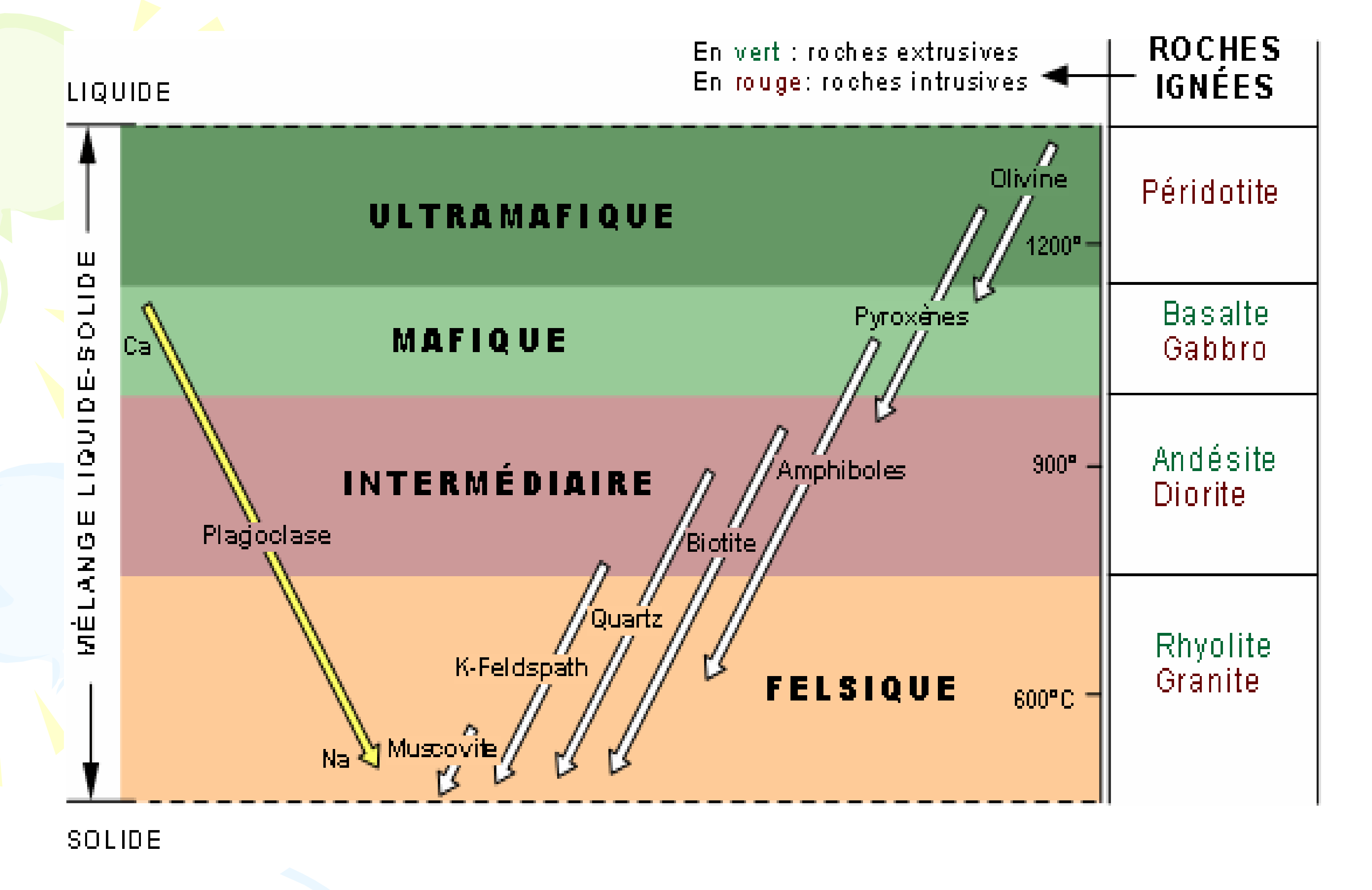
❖ Il y aura une zone de roches non déformées à côté des roches déformées de la chaîne, parfois de façon symétrique de part et d'autre de la chaîne

ROCHES MAGMATIQUES

Un magma est un mélange pâteux, plus ou moins fluide, de matières minérales en fusion, provenant des zones profondes de la terre (manteau), où les roches sont soumises à des pressions et à des températures très élevées.

Après refroidissement, il donne naissance à des roches de type plutonique ou intrusive (Gabbro) ou à des roches de type éruptif ou extrusif (Basalte).

Cristallisation Fractionnée

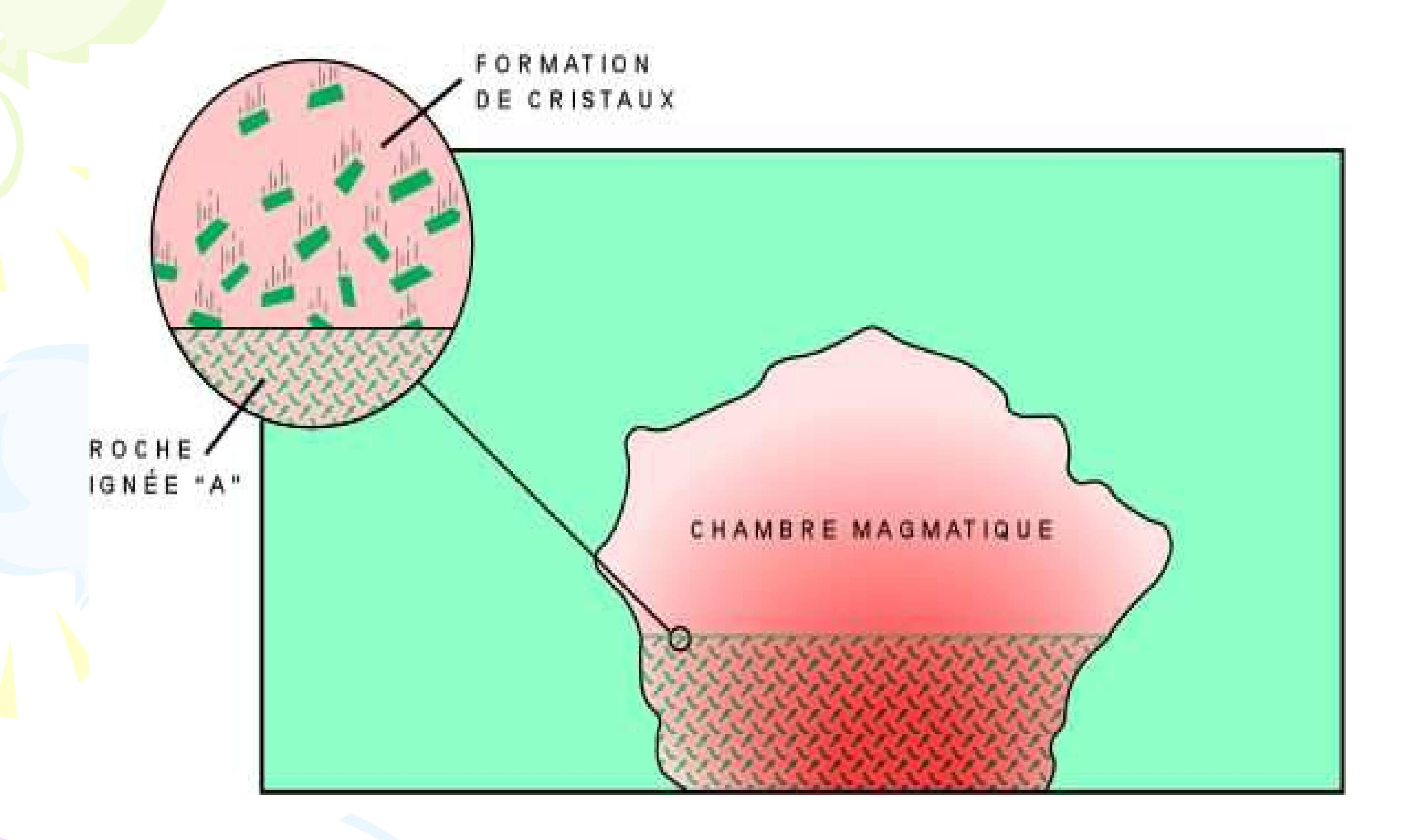


au cours du refroidissement progressif du magma, il cristallisation des assemblages minéralogiques dans un ordre bien défini : **ultramafiques**, **mafiques**, **intermédiaires** et **felsiques**. Ces quatre assemblages définissent quatre grands types de roches ignées.

Caractéristiques des silicates

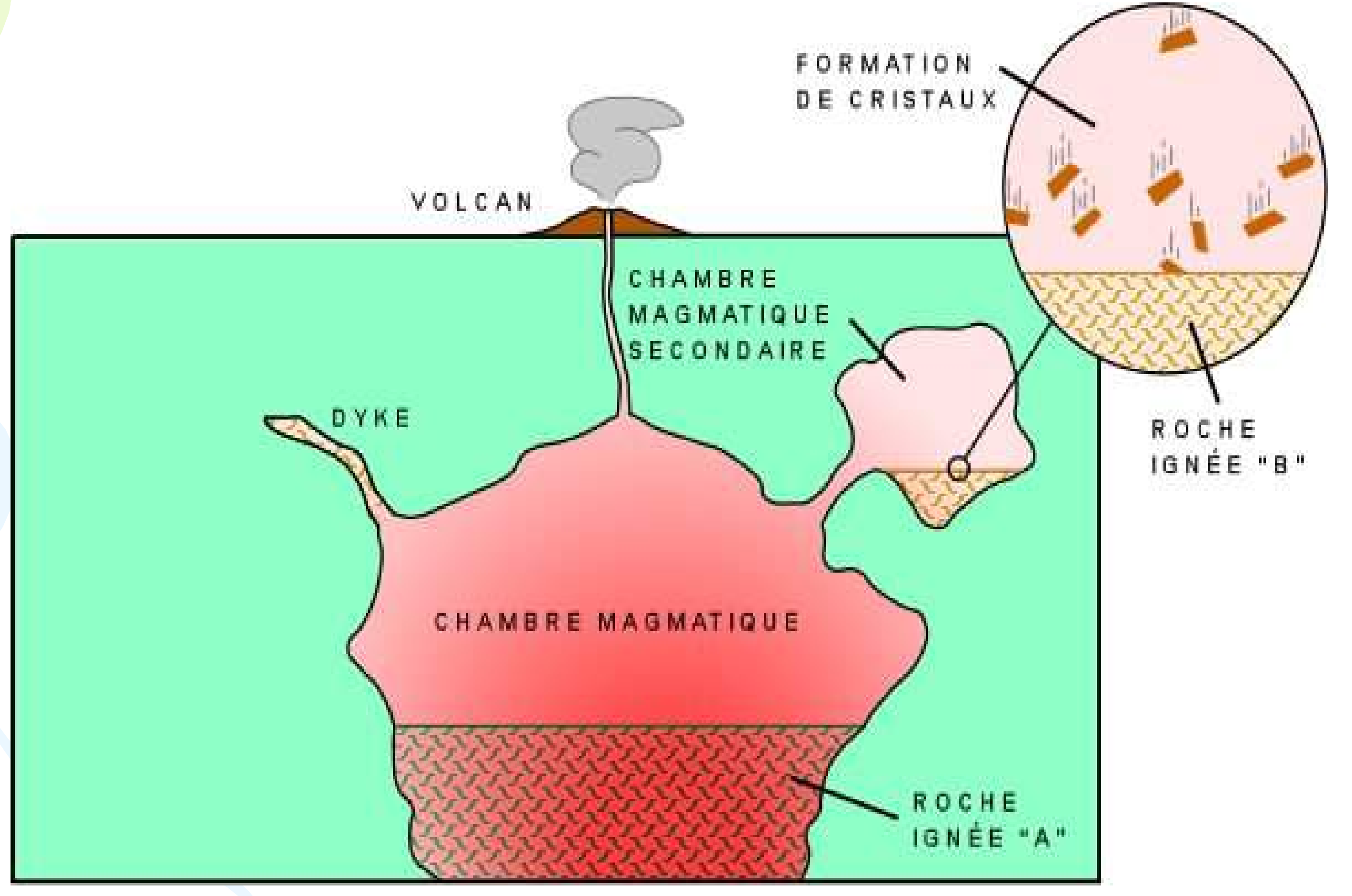
MINÉRAL		FORMULE CHIMIQUE IDÉALISÉE	CLIVAGE	RÉSEAU CRISTALLIN
OLIVINE		$(Mg,Fe)_2SiO_4$	Aucun	Tétraèdre isolé (B)
Groupe des PYROXÈNES		$(Mg,Fe)SiO_3$	2 plans à angle droit	Chaîne simple (C)
Groupe des AMPHIBOLES		$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	2 plans (60° et 120°)	Chaîne double (D)
Micas	MUSCOVITE	$KAl_2(AlSi_3O_{10}(OH)_2$	1 plan	Couche planaire (E)
	BIOTITE	$K(Mg,Fe)_3Si_3O_{10}(OH)_2$		
FELDSPATH	ORTHOCLASE	$KAlSi_3O_8$	2 plans à 90°	Réseau en 3 dimensions
	PLAGIOCLASE	$(Ca,Na)AlSi_3O_8$		
QUARTZ		SiO_2	Aucun	

Exemple cristallisation d'un magma qui refroidit dans une chambre magmatique



Les premiers minéraux à cristalliser seront évidemment les minéraux de haute température, olivine d'abord, pyroxènes et amphiboles ensuite. Ces cristaux vont se former dans le magma et vont sédimenter vers la base de la chambre magmatique pour former une roche riche en olivine, pyroxène et amphibole, une roche ignée mafique, un gabbro par exemple.

Le liquide résiduel (restant) sera donc appauvri en ces minéraux; on aura donc un magma de composition différente de sa composition initiale. Ce magma aura une composition intermédiaire.



Si ce magma est introduit dans une chambre secondaire et qu'il poursuit son refroidissement, les premiers minéraux à cristalliser seront les amphiboles, les biotites, le quartz et certains feldspaths plagioclases, ce qui produira une roche ignée intermédiaire, une diorite par exemple (roche ignée "B")



Fusion Partielle

- La fusion partielle est l'inverse du processus de cristallisation fractionnée. Si on augmente progressivement la température d'un matériel solide composé d'un assemblage de minéraux silicatés, cet assemblage passe entièrement ou partiellement de la phase solide à la phase liquide.

- comme dans le cas du refroidissement d'un magma où tous les minéraux ne cristallisent pas tous en même temps, ceux-ci ne fondent pas non plus tous en même temps lorsqu'ils sont chauffés.

- A une pression donnée, le point où un minéral passe de sa phase solide à sa phase liquide est sa température de fusion.

•Les premiers minéraux à fondre sont les minéraux de basse température : le quartz, les feldspaths potassiques et sodiques, et la muscovite

•La fusion n'est alors que partielle, puisqu'on obtient un mélange de solide et de liquide.

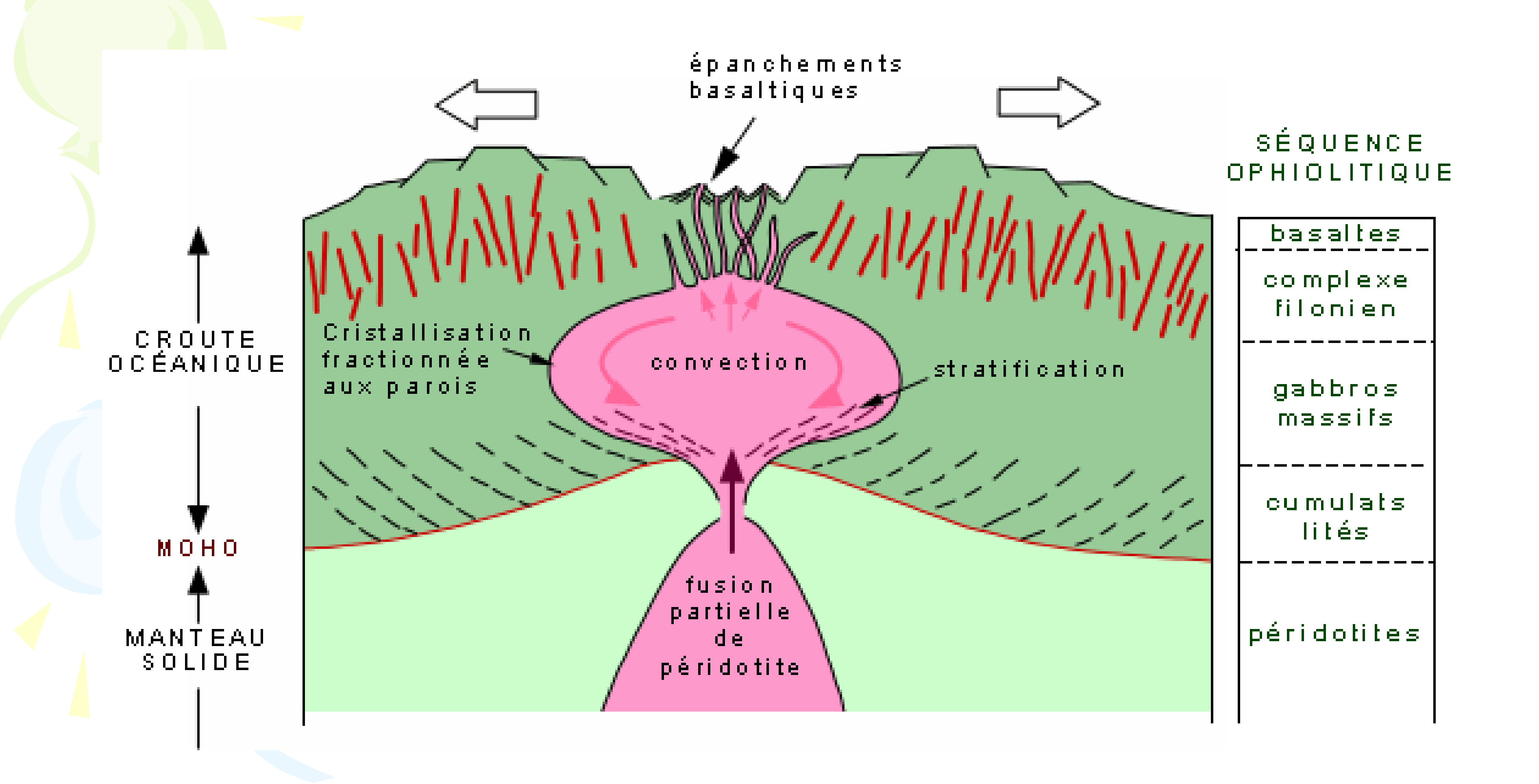
•Si ce liquide est extrait du mélange et remobilisé (introduit le long de fractures ou dans une autre chambre par exemple), ce magma felsique formera, en cristallisant, des rhyolites ou des granites

- Au cours de l'augmentation de la température, il se produit une séparation en deux phases, une phase liquide et une phase solide, soit des cristaux solides qui baignent dans un liquide.

- la composition des phases solides et liquides change avec l'évolution thermique.

- Le liquide peut être extrait et remobilisé par des processus naturels (le long de fractures ou dans une autre chambre par exemple) à n'importe quel stade de l'évolution thermique, ce qui fait qu'on obtient des magmas de composition variées.

Comment tout cela s'applique dans les principales zones où il y a du magmatisme, soit aux dorsales océaniques, dans les zones de subduction et aux points chauds ?



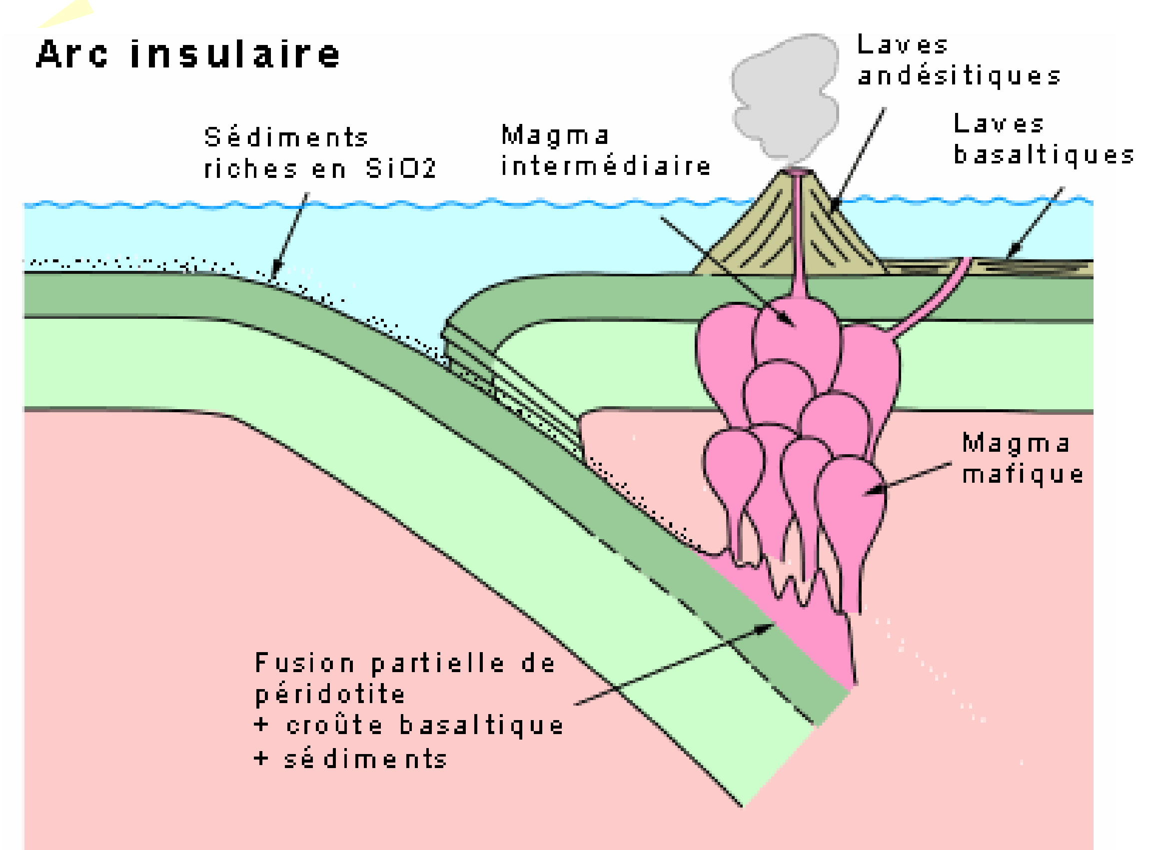
séquence ophiolitique ou Ophiolites

Séquence Ophiolitique

La croûte océanique (5-15Km) montre quatre zones :

- des cumulats lités ou stratifiés composés de gabbro, la stratification résulte de l'action combinée de la convection et de l'accumulation des cristaux de haute température à la base de la chambre magmatique,
- des gabbros massifs issus de la cristallisation aux parois de la chambre magmatique,
- un complexe filonien, niveau caractérisé par les dykes et filons gabbroïques dus à la cristallisation dans les fractures de tension,
- les basaltes issus des épanchements volcaniques. Cette croûte océanique fait de 5 à 15 km d'épaisseur.

Magmatisme de Zone de Subduction : cas de l'arc insulaire



➢L'enfoncement d'une plaque sous l'autre entraîne des sédiments riches en minéraux de basses températures comme le quartz (SiO_2), mais aussi les feldspaths et les argiles (micas).

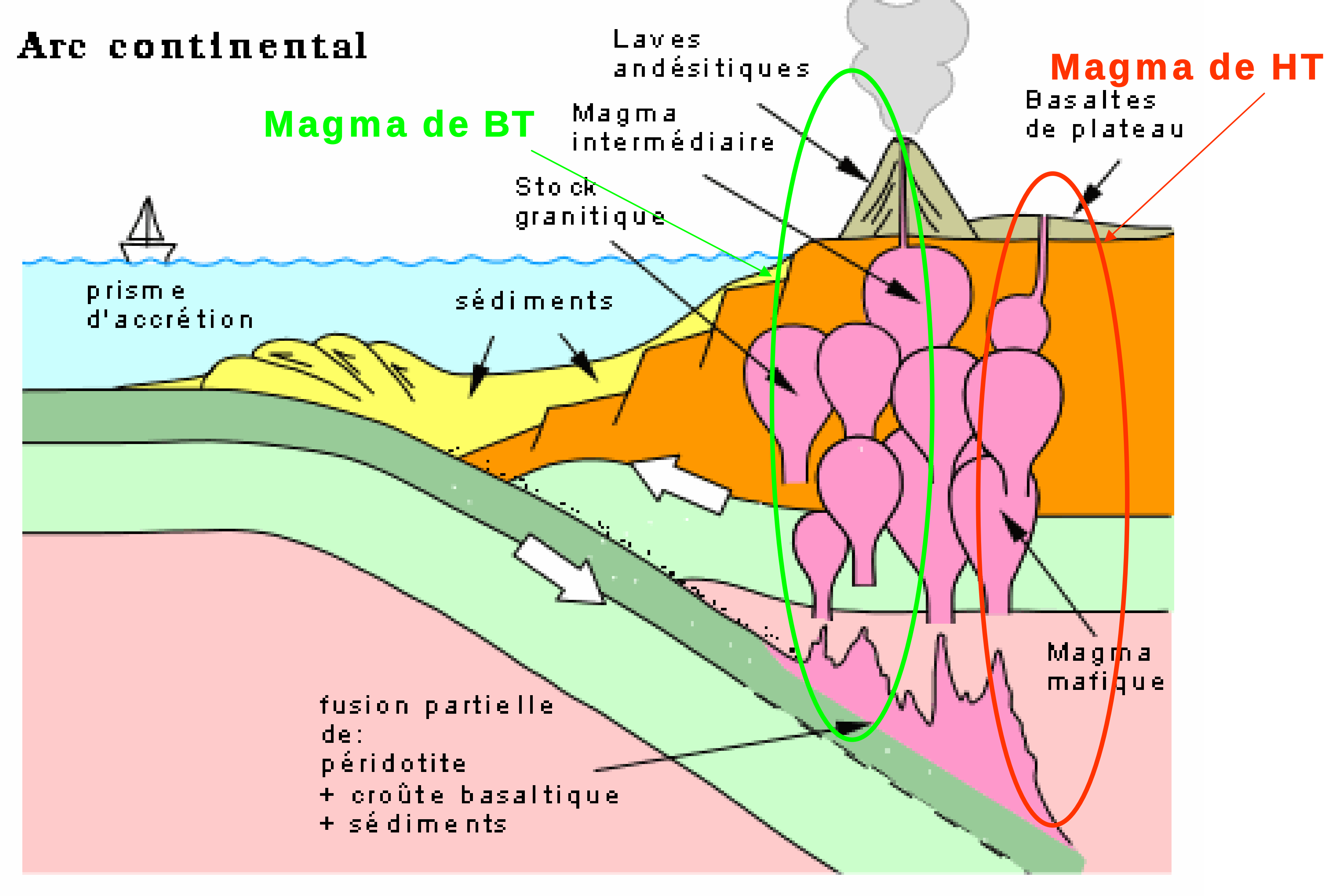
➢En profondeur, il y a fusion partielle, et le matériel fondu est un mélange de :

* la péridotite de la lithosphère inférieure,
* la croûte basaltique-gabbroïque de la lithosphère supérieure,
* les minéraux de basses températures des sédiments entraînés dans la subduction.

Contrairement aux zones de dorsales où la fusion partielle de péridotite ne pouvait donner qu'un magma mafique, ici la fusion partielle de ces trois entités qui contiennent tous les types de silicates pourra fournir des magmas de composition variée.

Il peut se faire une ségrégation des magmas intermédiaires lorsque les températures atteintes seront intermédiaires, ce qui produit les volcans andésitiques des arcs insulaires, ou encore si les températures de fusion atteignent des niveaux plus élevées, on produit des magmas mafiques alimentant des coulées de laves basaltiques en surface.

Magmatisme de Zone de Subduction :
le cas de l'Arc Continental



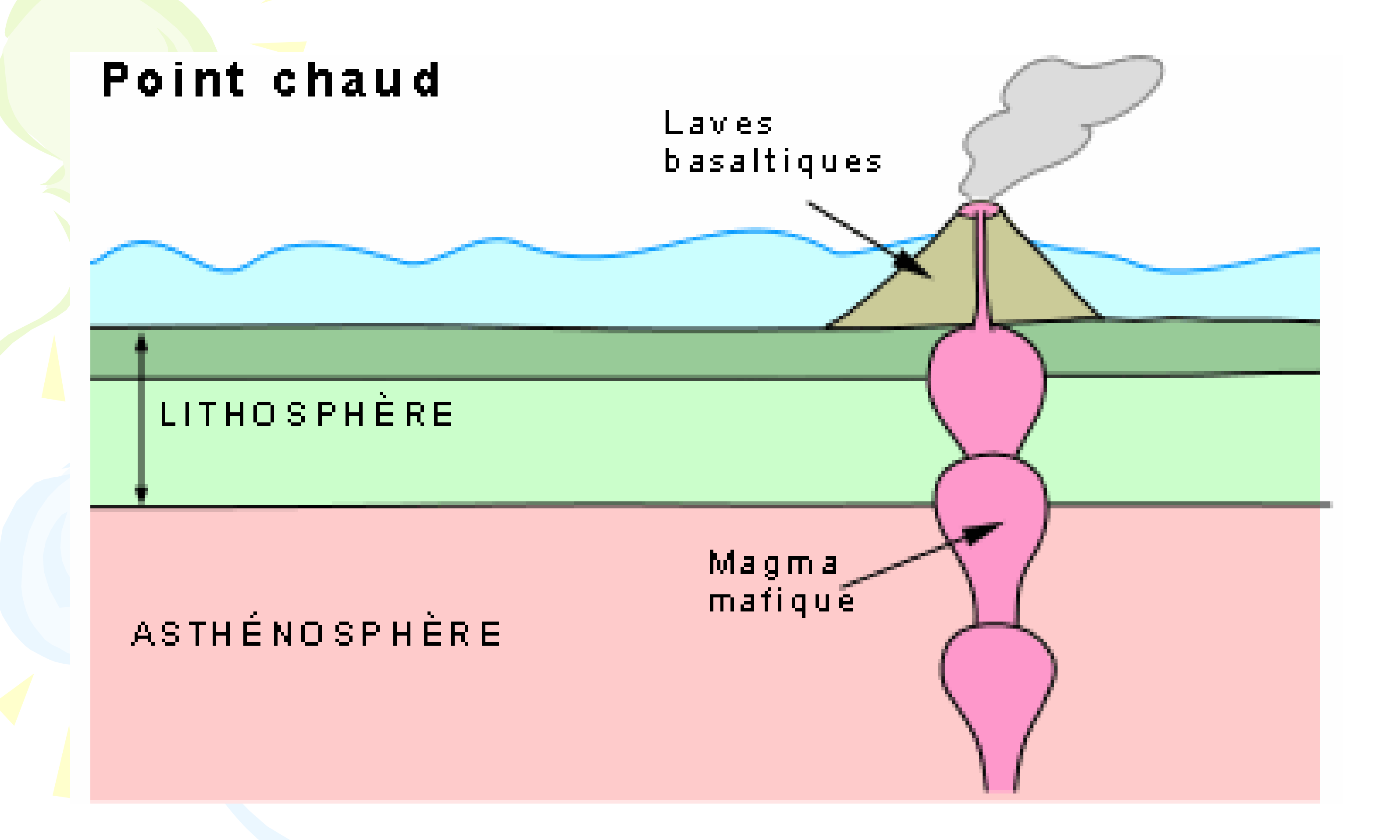
La fusion partielle affecte ici la péridotite de la lithosphère inférieure, la croûte basaltique-gabbroïque de la lithosphère supérieure et les minéraux de basses températures des sédiments (plus important en volume).

•Dans les premières phases de la fusion partielle, on produit des magmas intermédiaires et même par endroits des magmas felsiques.

•Dans les phases plus chaudes, on produit des magmas mafiques qui peuvent alimenter des plateaux de basalte.

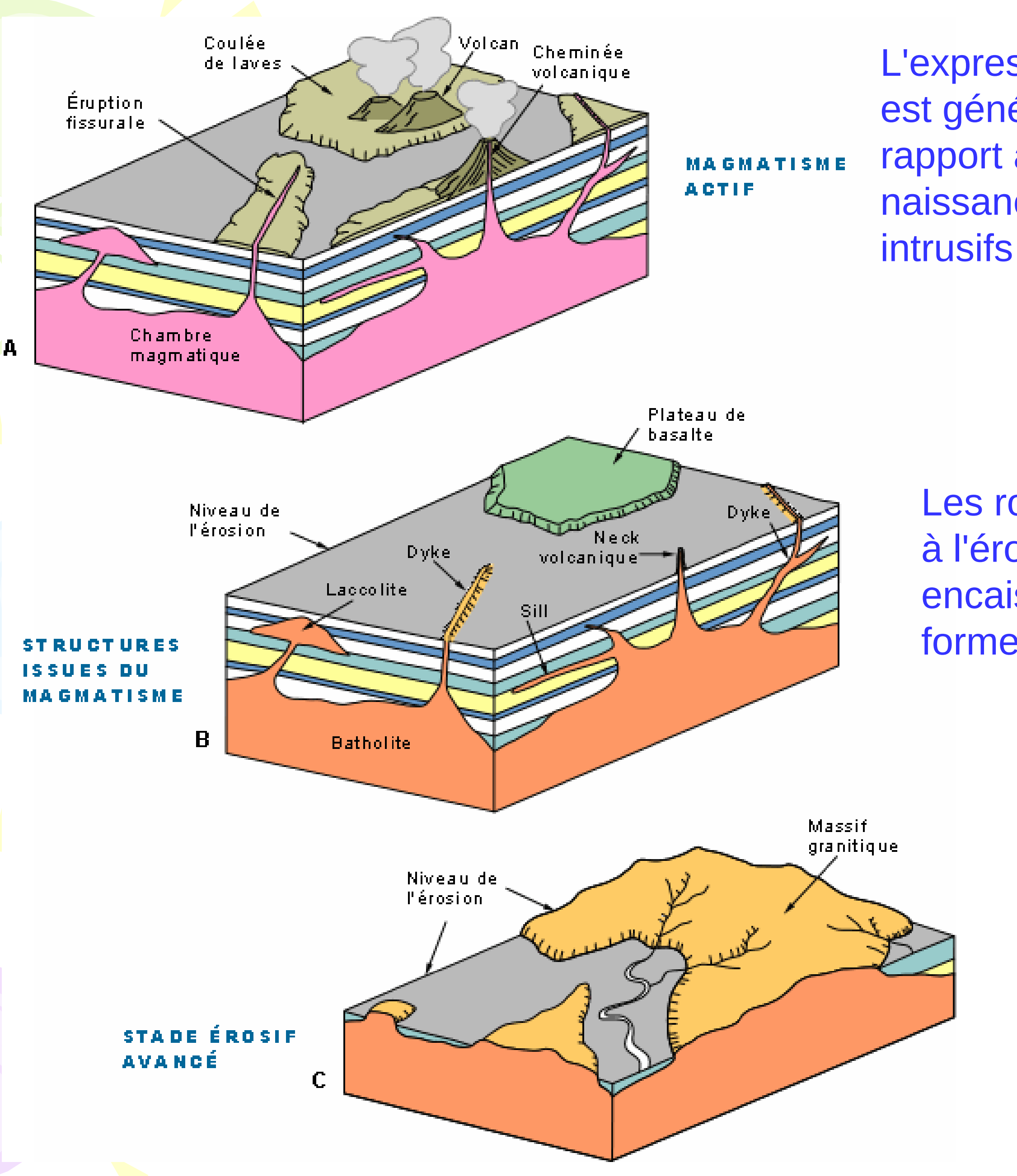
•Dans ces croûtes continentales épaisses, on accumulera aussi des grands stocks granitiques qui peuvent correspondre aux fusions de basses températures et qui à cause de leur faible fluidité ne pourront parvenir jusqu'à la surface.

Magmatisme de Point Chaud



Ce magmatisme provient de la fusion partielle de la péridotite du manteau.
Le magma est donc un magma mafique qui produit des volcans basaltiques
comme ceux des îles Hawaii ou de la Polynésie

Activité magmatique et ses produits



L'expression en surface de ce magmatisme est généralement minime en volume par rapport au magma sous-jacent qui lui donne naissance et qui formera les grands corps intrusifs

Les roches ignées étant plus résistantes à l'érosion que les roches sédimentaires encaissantes, les corps magmatiques forment des reliefs positifs

stade plus avancé d'érosion où ont été mis à nu les grands batholites, souvent granitiques



Les Volcans

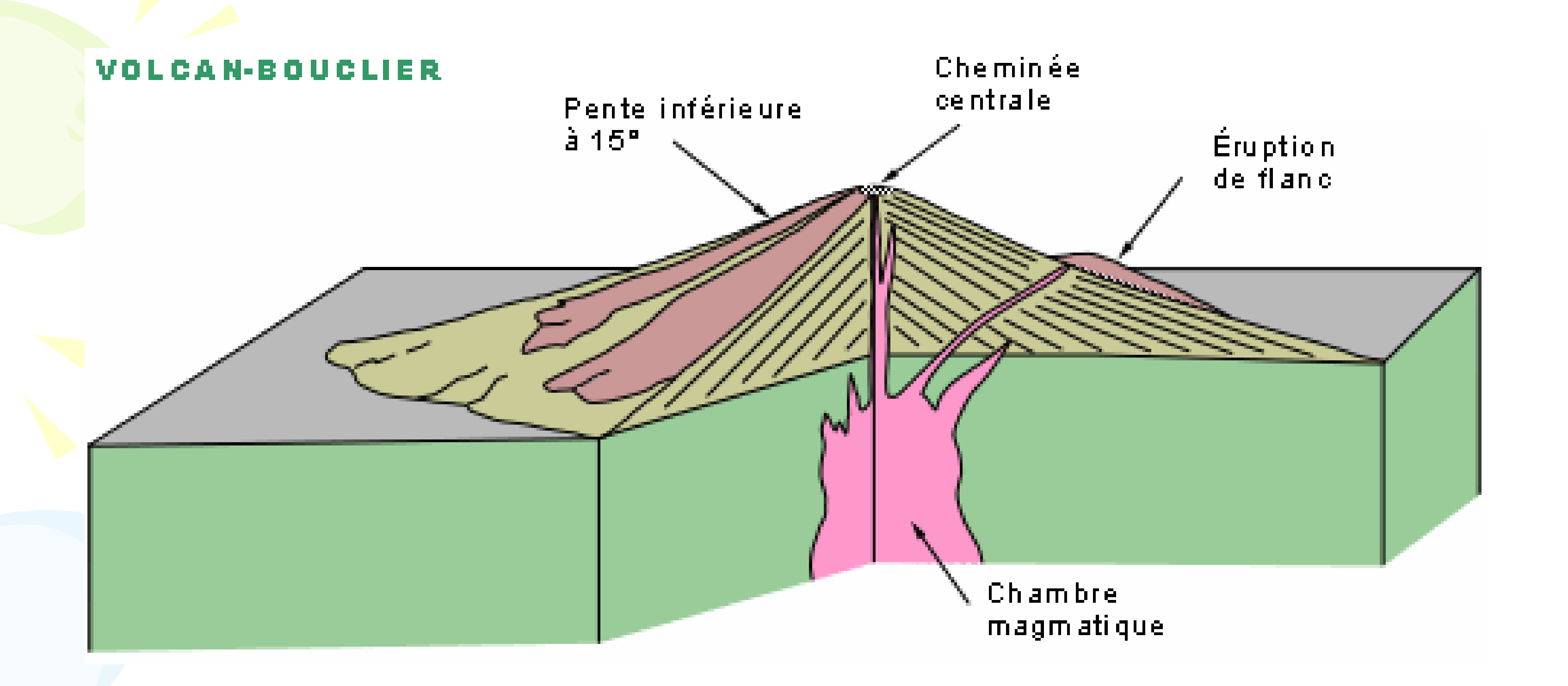
•Il existe deux cas extrêmes de volcans :

les volcans qui crachent des laves très fluides
les volcans qui crachent peu ou pas de laves

•Un faible contenu en silice donne des magmas fluides,
Exemple : magma mafique
Volcan-boucliers

•Un contenu élevé en silice augmente de beaucoup la viscosité des magmas qui ont alors peine à s'écouler
Exemple : magma felsique
Stratovolcans

•Entre les deux il y a des intermédiaires

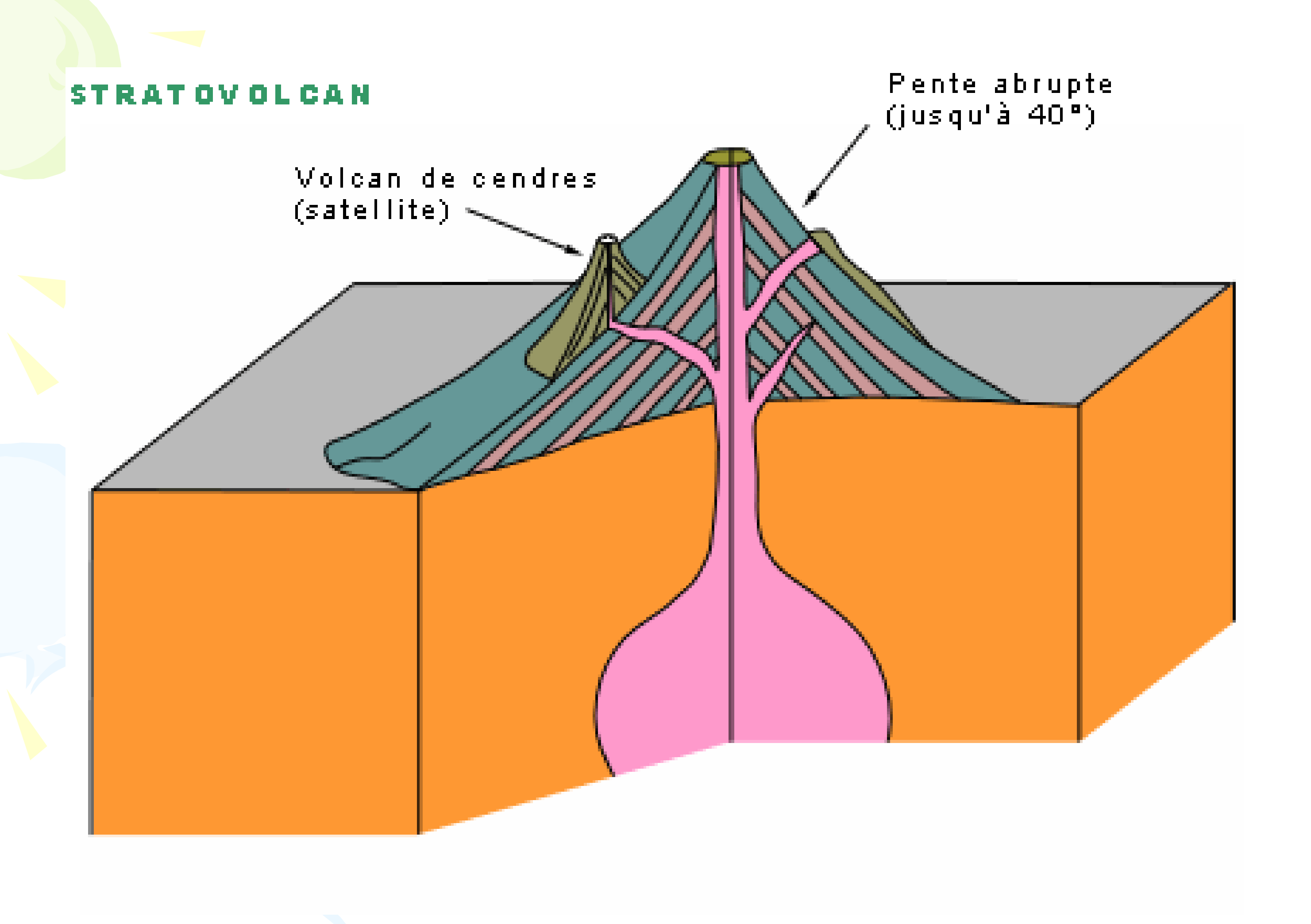


- Alimentation magmatique est mafique, contenant peu ou pas de silice,produisant des laves basaltiques

- se manifeste aux dorsales océaniques, aux points chauds et possiblement associé à certaines zones de subduction

- Exemple Islande (médio océanique), Hawai (point chaud)




STRATOVOLCAN
Pente abrupte
(jusqu'à 40°)
Volcan de cendres
(satellite)

- Ces volcans associés aux zones de subduction,principalement dans les arcs volcaniques continentaux.

- Le stratovolcan est stratifié, dû aux dépôts pyroclastiques successifs

- Le magma est si riche en silice qu'il n'arrive pas à s'écouler hors du volcan

- Le volcan crache des gaz et du matériel pyroclastique

- Les gaz qu‘il contient construisent une pression qui croît, jusqu'à l'explosion

- Le matériel est pulvérisé et, mélangé aux gaz, crée un nuage dense très chaud (jusqu'à 800° C), se déplaçant à une vitesse de 150Km /h

- Les cendres qui sont éjectées dans la haute atmosphère, jusqu'à des altitudes d'une vingtaine de kilomètres et qui ensuite sont dispersées tout autour de la planète



ROCHES METAMORPHIQUES

Métamorphisme ?

•Les roches métamorphiques sont issues de la transformation à l'état solide de roches ignées ou sédimentaires sous l'effet de température et/ou de pressions élevées.

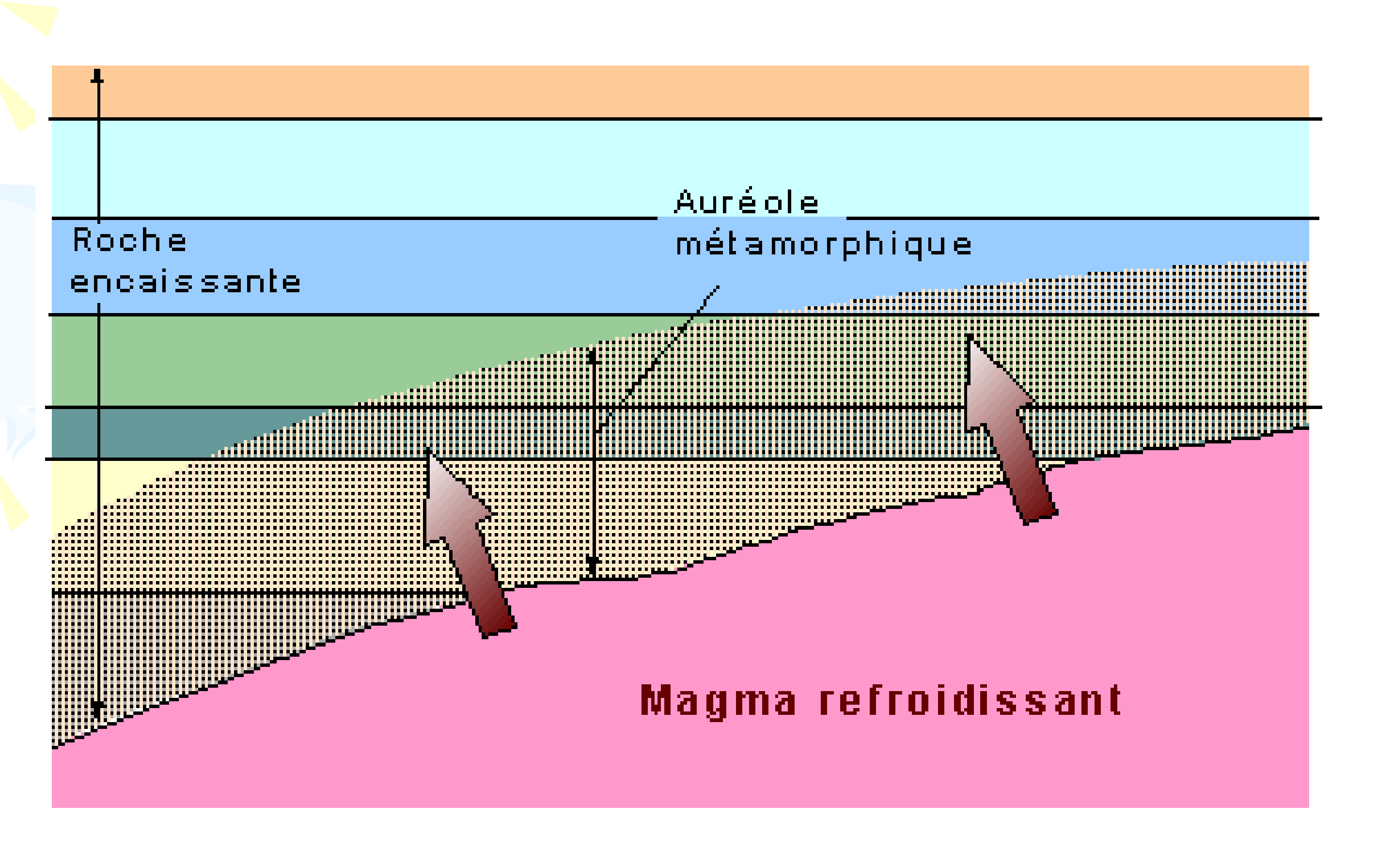
•Deux grands types de métamorphisme :

le métamorphisme de contact

le métamorphisme régional.

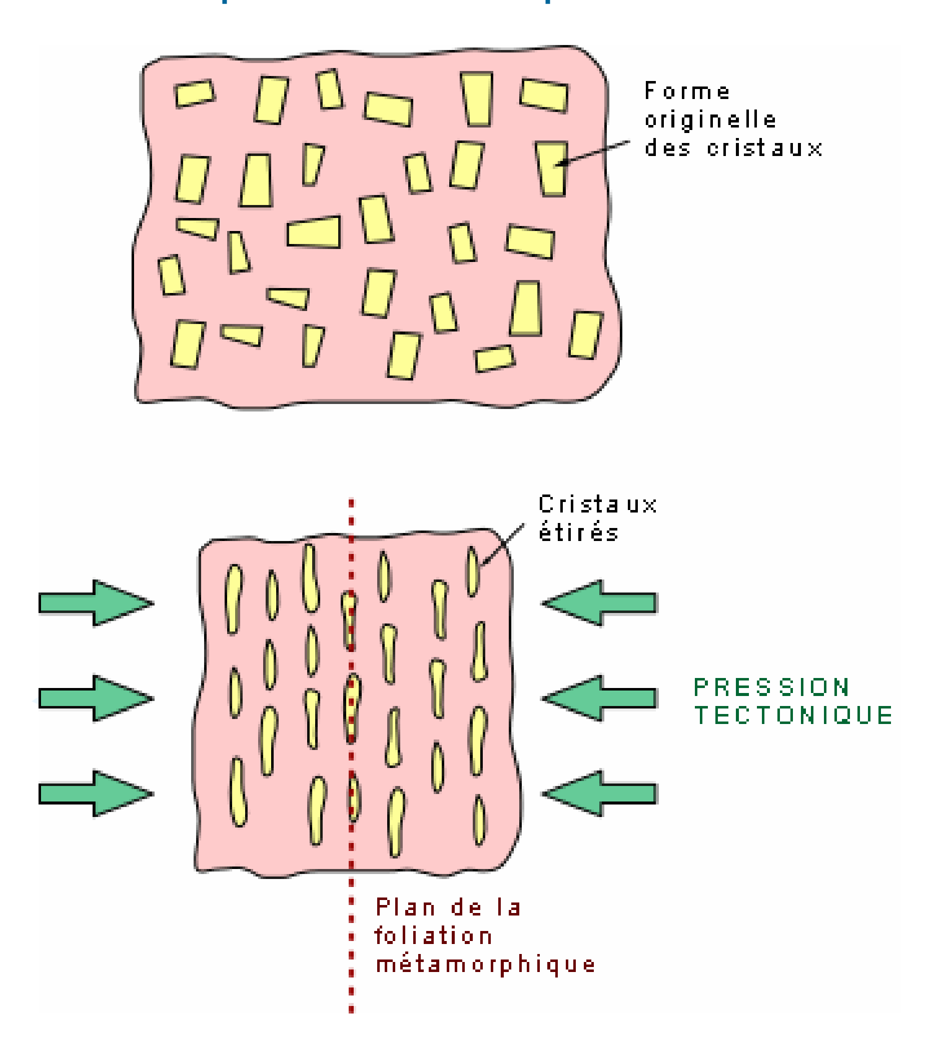
Métamorphisme de contact

Le métamorphisme de contact est celui qui se produit dans la roche encaissante au contact d'intrusifs



Métamorphisme Régional

Affecte de grandes régions et est à la fois contrôlé par des augmentations importantes de pression et de température





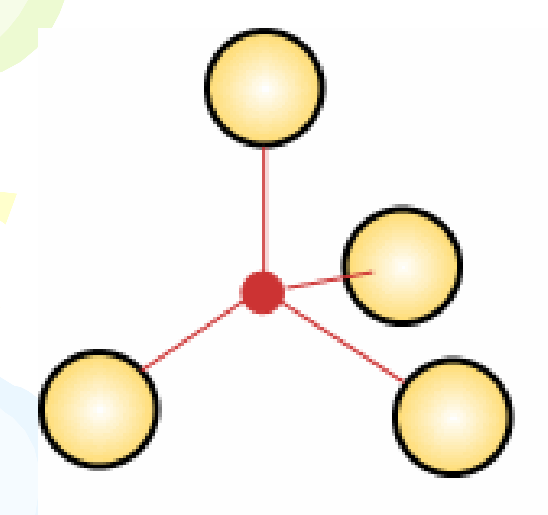
Principaux minéraux de l’écorce terrestre

Eléments chimiques les plus abondants dans la croûte terrestre.

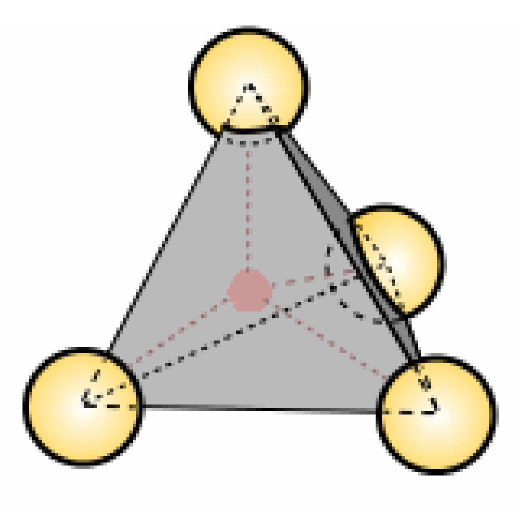
Élément	%	
Oxygène (O)	46,6 *	~75 %
Silicium (Si)	27,7	
Aluminium (Al)	8,1	
Fer (Fe)	5,0	
Calcium (Ca)	3,6	
Sodium (Na)	2,8	
Potassium (K)	2,6	
Magnésium (Mg)	2,1	
... les autres	1,5	

Lors de la formation de la terre, les éléments légers, comme l'oxygène et le silicium ont migré vers l'extérieur (formation des silicates), alors que les éléments plus lourds, comme le fer, se sont concentrés au centre

Structure de base des silicates

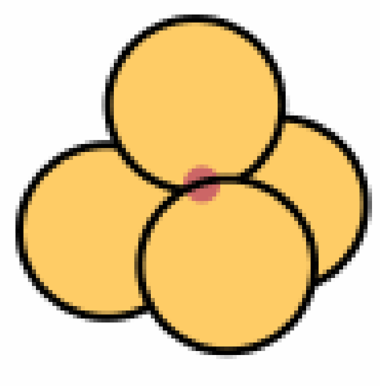


Structure de base des silicates

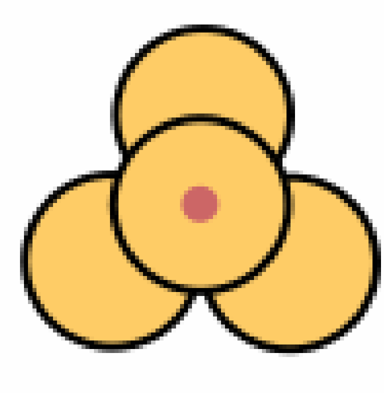


Le tétraèdre de base

Représentation du tétraèdre de base



Vue de côté



Vue du haut

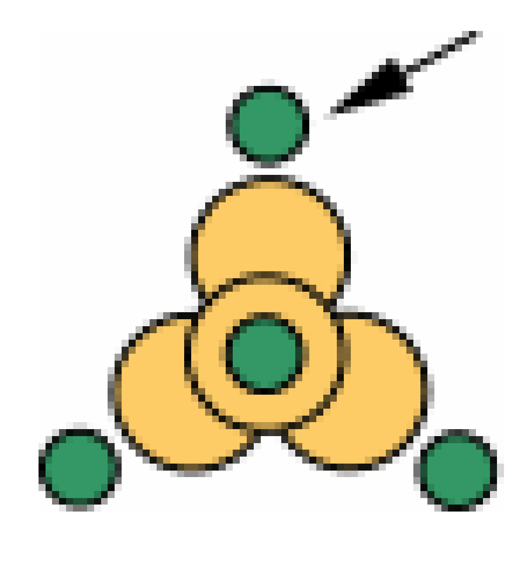
Caractéristiques des silicates

MINÉRAL		FORMULE CHIMIQUE IDÉALISÉE	CLIVAGE	RÉSEAU CRISTALLIN
OLIVINE		$(Mg,Fe)_2SiO_4$	Aucun	Tétraèdre isolé (B)
Groupe des PYROXÈNES		$(Mg,Fe)SiO_3$	2 plans à angle droit	Chaîne simple (C)
Groupe des AMPHIBOLES		$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	2 plans (60° et 120°)	Chaîne double (D)
Micas	MUSCOVITE	$KAl_2(AlSi_3O_{10}(OH)_2$	1 plan	Couche planaire (E)
	BIOTITE	$K(Mg,Fe)_3Si_3O_{10}(OH)_2$		
FELDSPATH	ORTHOCLASE	$KAlSi_3O_8$	2 plans à 90°	Réseau en 3 dimensions
	PLAGIOCLASE	$(Ca,Na)AlSi_3O_8$		
QUARTZ		SiO_2	Aucun	

tétraèdres isolés reliés par des ions métalliques :

Exemple **: Olivine**

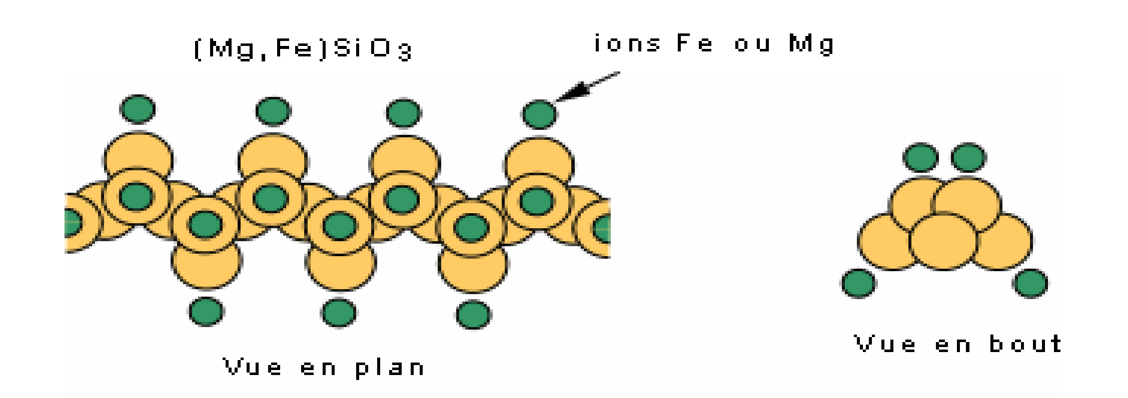
ions Fe ou Mg

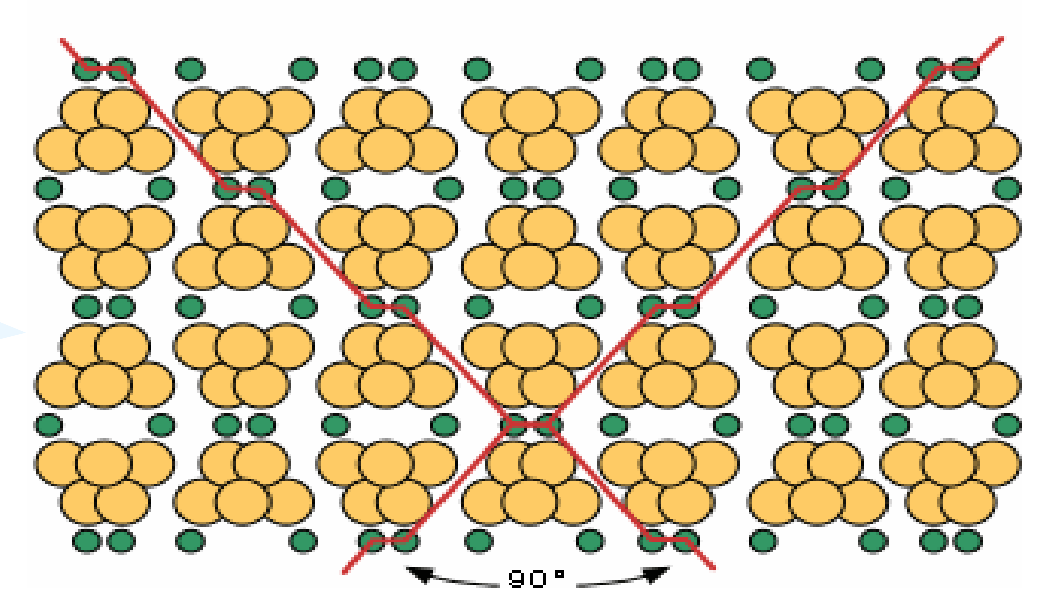


$(Mg,Fe)_2SiO_4$

NESOSILICATES

Chaînes simples reliées par des ions métalliques : Exemple **: Pyroxène**

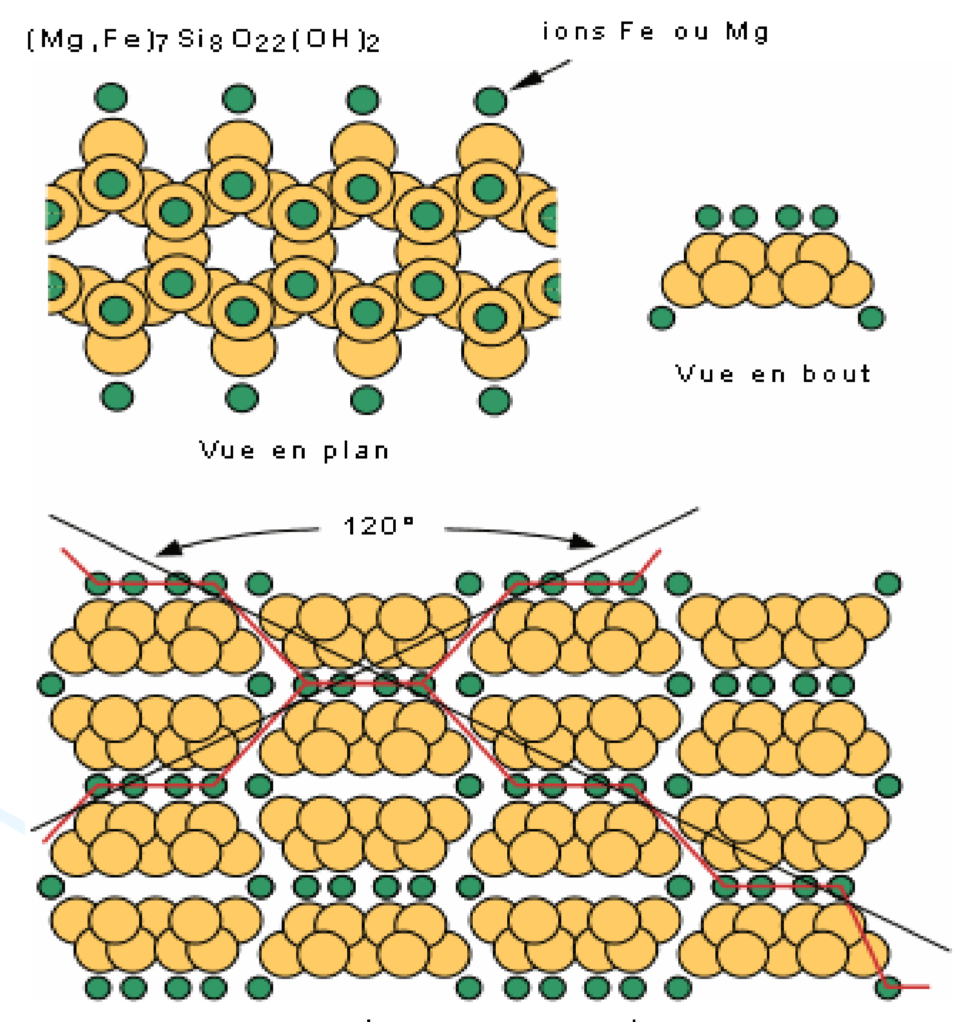




Plusieurs chaînes simples, liées par des ions métalliques, vues en bout

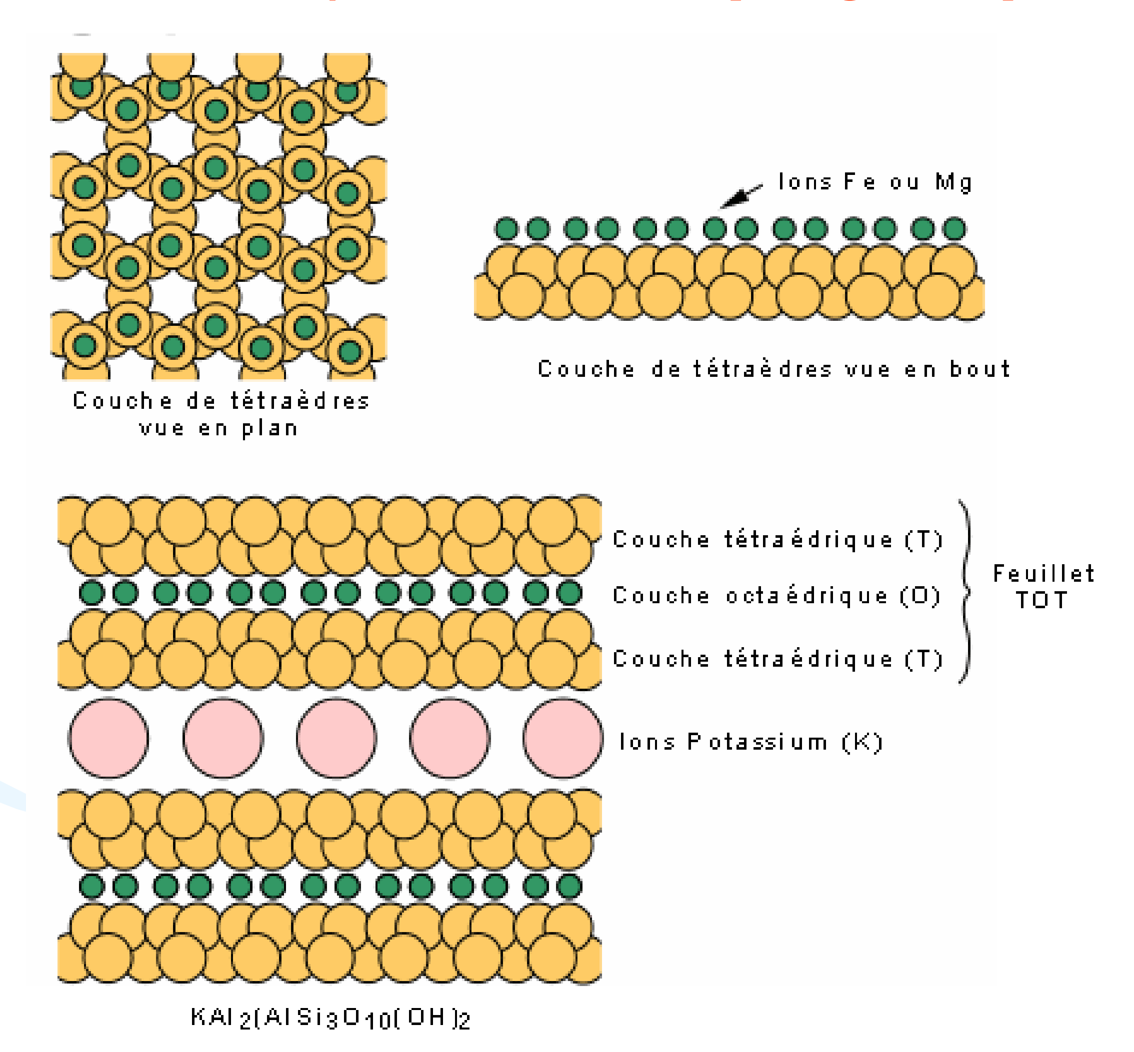


Chaînes doubles reliées par des ions métalliques : Exemple **: Amphiboles**



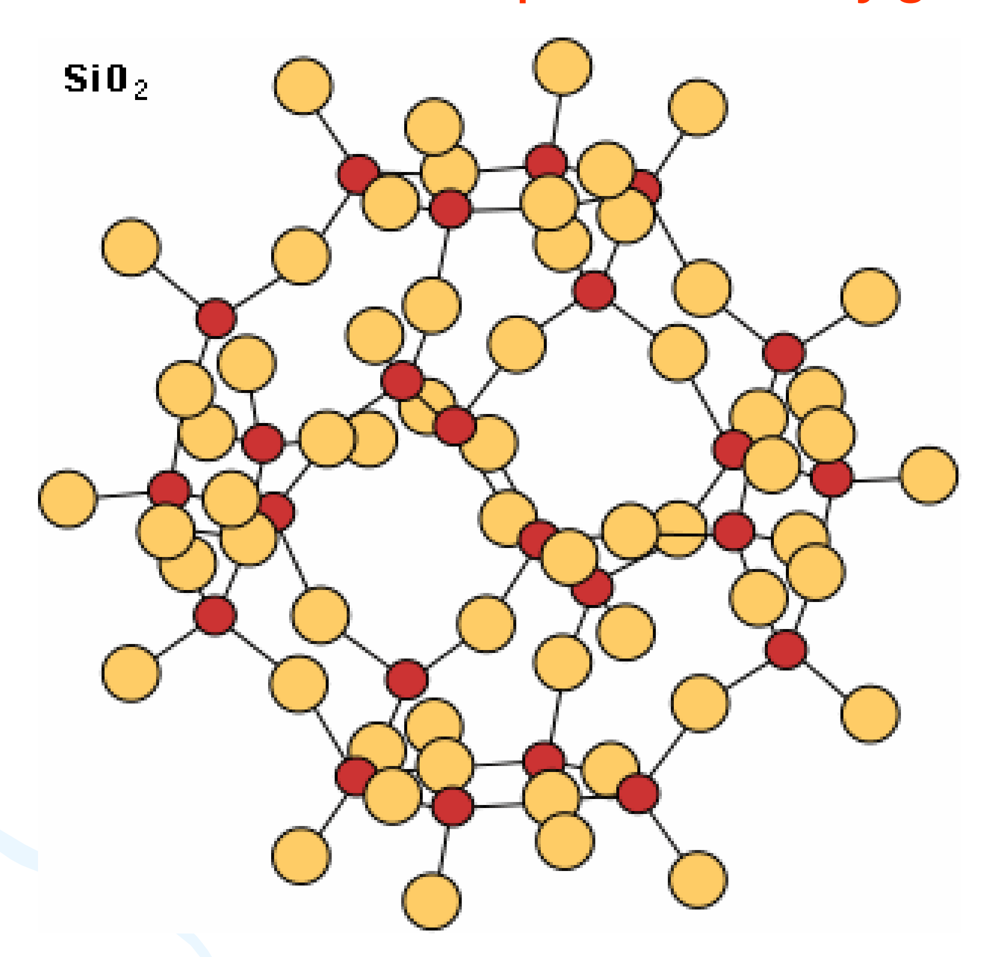
INOSILICATES

Couches reliées par des ions métalliques : Exemple **: Micas (Argiles)**



PHYLLOSILICATES

Tétraèdres reliées par des oxygènes **: Quartz**



Pas de plan de faiblesse donc pas de clivage : résistants

TECTOSILICATES

Carbonates

La calcite est un minéral qui constitue les calcaires

les $(CO_3)^{2-}$ sont liés par des Ca^{2+} pour former une structure rhomboédrique typique de ce minéral

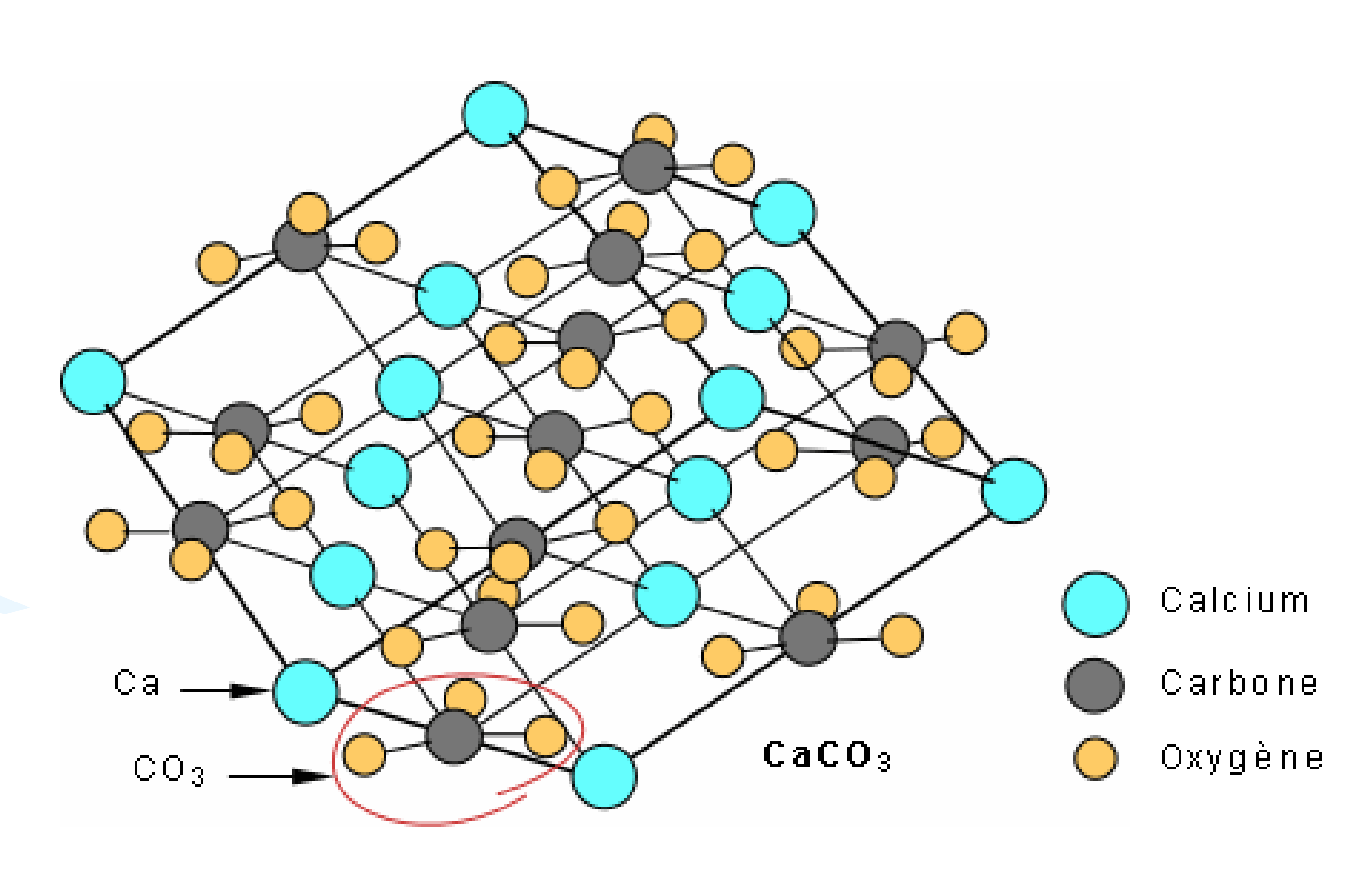
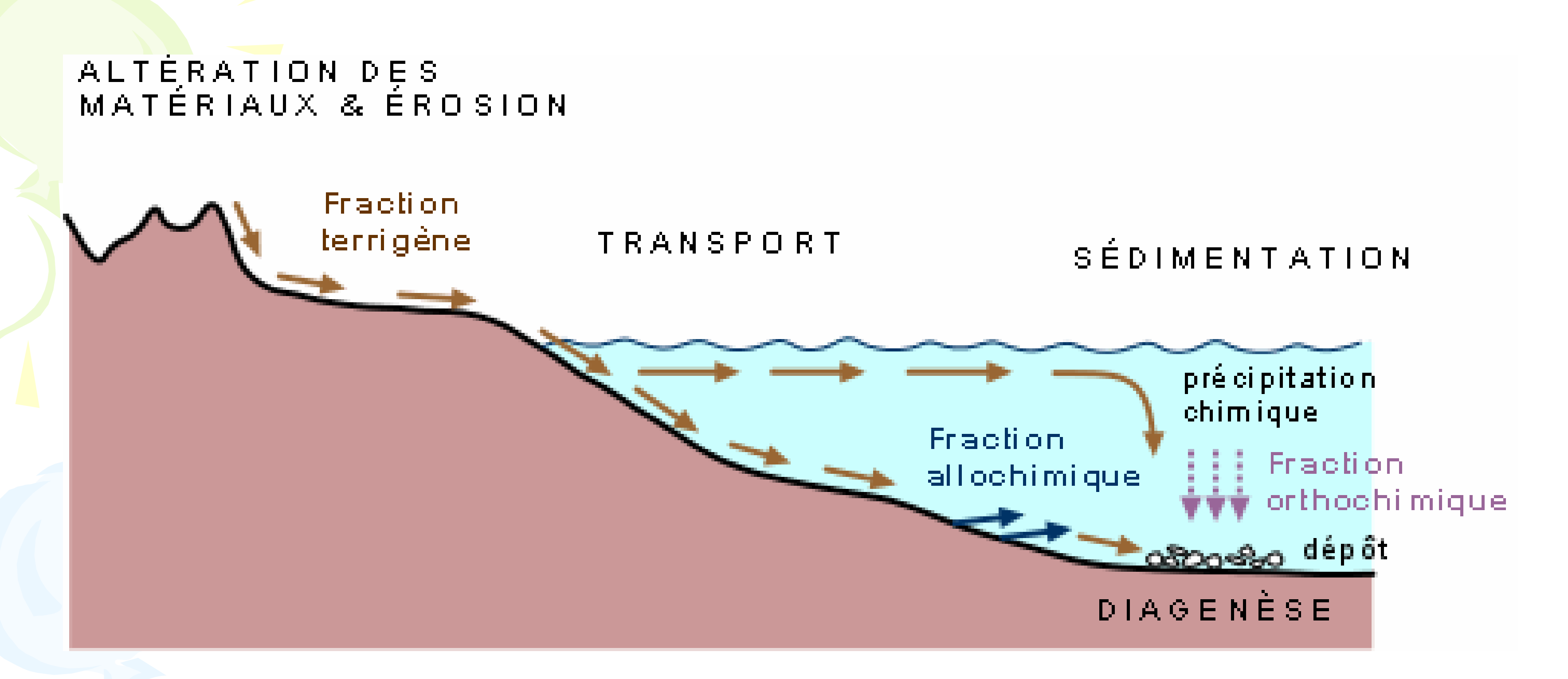


Tableau présentant les minéraux les plus communs dans les principaux groupes et leurs usages

GROUPE	MINÉRAL	FORMULE	USAGE
ÉLÉMENTS NATIFS	Or	Au	échange, joaillerie
	Argent	Ag	joaillerie, photographie
	Cuivre	Cu	conducteurs électriques
	Diamant	C	gemmes, abrasifs
	Graphite	C	mines à crayons, lubrifiants
	Soufre	S	médicaments, produits chimiques
	Platine	Pt	catalyseurs, alliages
OXYDES	Hématite	Fe_2O_3	minerai de fer
	Magnétite	Fe_3O_4	minerai de fer
	Corindon	Al_2O_3	gemme, abrasif
SULFURES	Galène	PbS	minerai de plomb
	Sphalérite	ZnS	minerai de zinc
	Pyrite	FeS_2	"or des fous"
	Chalcopyrite	$CuFeS_2$	minerai de cuivre
	Bornite	Cu_5FeS_4	minerai de cuivre
	Cinabre	HgS	minerai de mercure
SULFATES	Gypse	$CaSO_4.H_2O$	plâtre et panneaux
	Anhydrite	$CaSO_4$	plâtre et panneaux
	Barite	$BaSO_4$	boue de forage
CARBONATES	Calcite	$CaCO_3$	ciment Portland
	Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$	ciment Portland
	Malachite	$Cu_2(OH)_2CO_3$	minerai de cuivre, joaillerie
	Azurite	$Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$	minerai de cuivre, joaillerie
	Rhodochrosite	$MnCO_3$	joaillerie
SILICATES	quartz	SiO_2	verre, horlogerie, calculatrices
	talc	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	poudre pour bébés
	amiante	$Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$	isolant
	kaolinite	$Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$	céramique
HALOGÉNURES	Halite	$NaCl$	sel commun
	Fluorite	CaF_2	fabrication des aciers
	Sylvite	KCl	fertilisants
HYDROXYDES	Limonite	$FeO(OH).nH_2O$	minerai de fer, pigment
	Bauxite	$Al(OH)_3.\ nH_2O$	minerai d'aluminium

ROCHES SEDIMENTAIRES



Processus conduisant à la formation des roches sédimentaires:

- l'altération des matériaux ;
- le transport de ces particules;
- la sédimentation de ces particules ;
- la diagenèse.

Sources du matériel sédimentaire

•Source **terrigène ou détritique** : l'érosion du continent;

•Source **Biologique (allochimique)**

fragment d’organisme « coquilles » ;

•Source **chimique (orthochimique)** :

précipités chimiques dans le bassin de sédimentation

ou à l'intérieur du sédiment durant la diagenèse.

L'altération

trois types:

- Mécaniques ou physique : gel, racines d’arbres, T°
- Chimiques :eau de pluie (hydratation)
- Biologiques :certains organismes attaquent biochimiquement les minéraux pour chercher les éléments nutritifs

Transport

- Surtout l'eau qui assure le transport des particules , vent et la glace

- Le transport des particules peut être très long

- Selon le mode et l'énergie du transport, le sédiment résultant comportera des structures sédimentaires variées

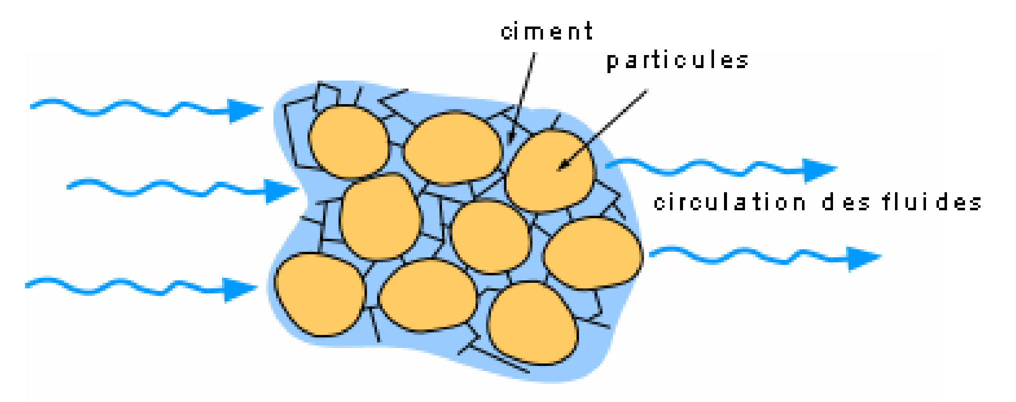
La sédimentation

- Tout le matériel transporté s'accumule dans un bassin de sédimentation pour former le dépôt

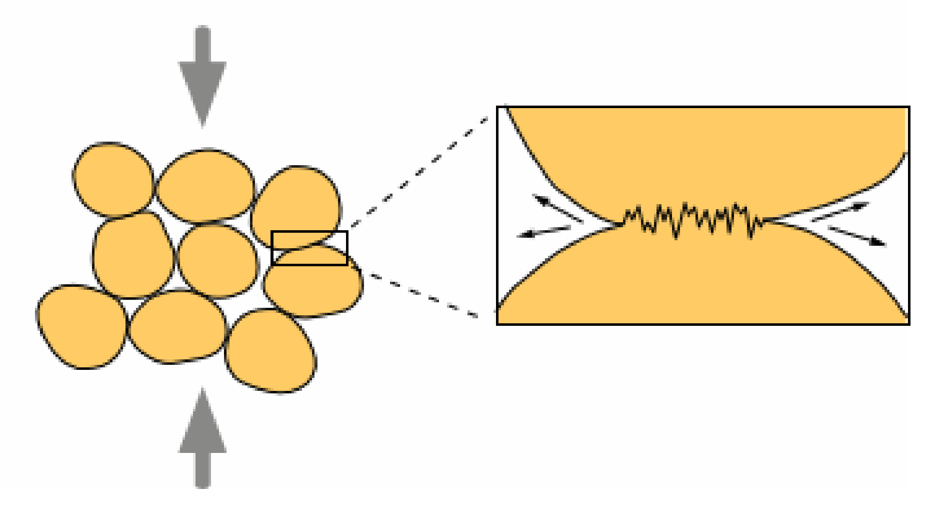
- Les sédiments se déposent en couches successives dont la composition, la taille des particules, la couleur, etc., varient dans le temps selon la nature des sédiments apportés

La Diagenèse

- La diagenèse englobe tous les processus <u>chimiques et mécaniques</u> qui affectent un dépôt sédimentaire après sa formation



CIMENTATION PRÉ-COMPACTION



COMPACTION ET CIMENTATION

Nom des sédiments et roches sédimentaires

La dénomination des sédiments et roches sédimentaires se fait en deux temps :

- **taille des particules** (granulométrie) chez les roches terrigènes et Biologiques
- Ensuite, on complète la classification par la **composition minéralogique**

Les Terrigènes

	Sédiment	Roche
	Gravier	CONGLOMÉRAT
2 mm	Sable	GRES grès à quartz = orthoquartzite grès à feldspath = arkose
0,062 mm	Boue	MUDSTONE (Shale)

Les Allochimiques (calcaires)

	Sédiment	Roche
	Gravier	CALCIRUDITE
2 mm	Sable	CALCARÉNITE
0,062 mm	Boue	CALCILUTITE

Les Orthochimiques

DOLOMIE: CaMg $(CO_3)_2$

SEL: NaCl

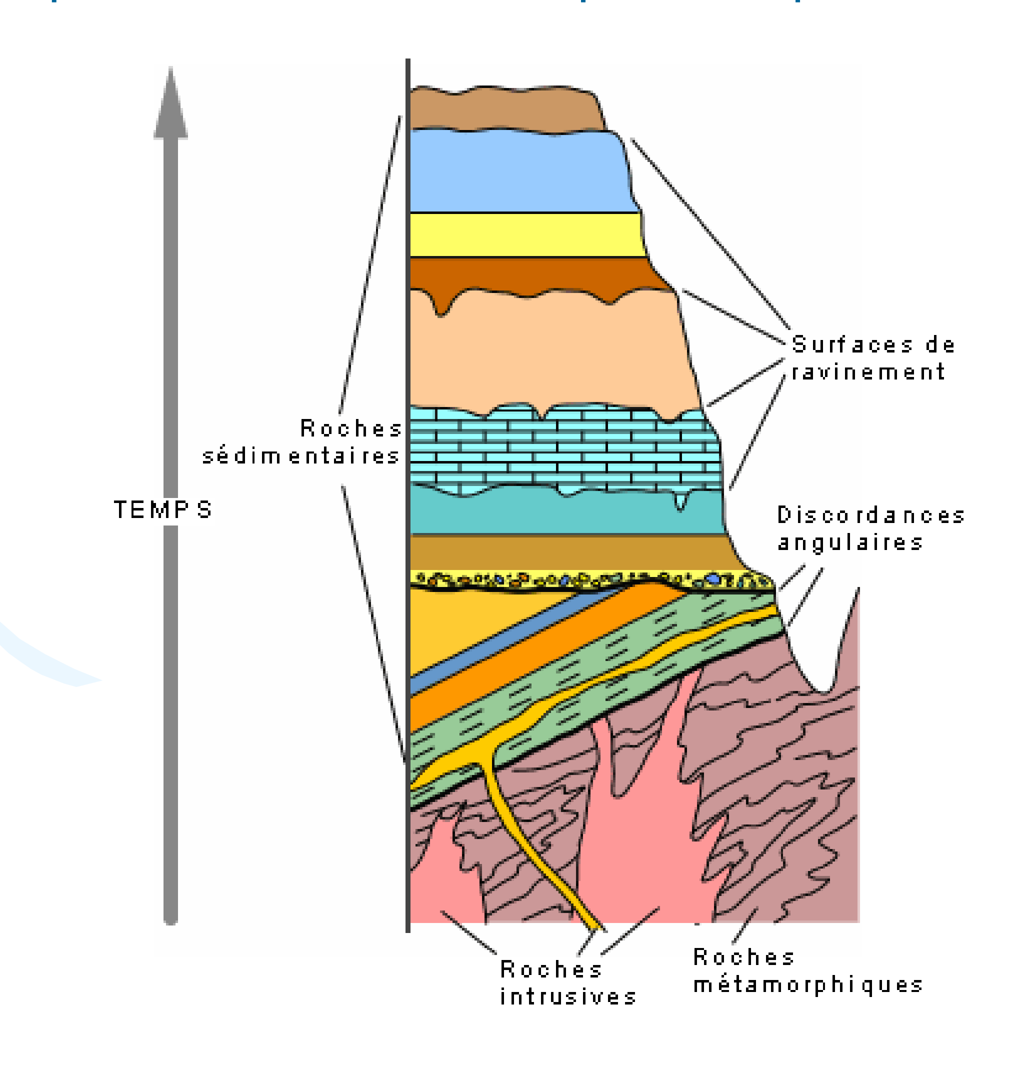
GYPSE: $CaSO_4 \cdot H_2O$

CHERT: SiO_2

Comment donner un âge à une roche ?

Temps Géologique

En géologie, le temps est le plus souvent matérialisé par une séquence de roches, représenté ici schématiquement par cette colonne de roches.



Datations Relatives

- permettent d'établir l'âge des couches ou des corps géologiques les uns par rapport aux autres :

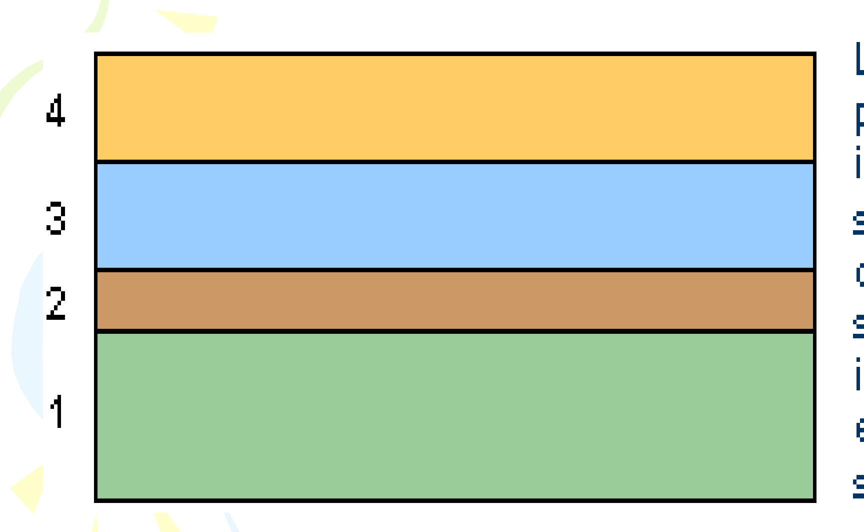
- entre deux corps géologiques, on établie qui le plus jeune et qui le plus vieux, sans donner un âge absolu

Datations Relatives

- Il y a deux grands groupes de méthodes de datation relative :

1. les méthodes physiques
2. les méthodes paléontologiques

Méthodes physiques de datation relative



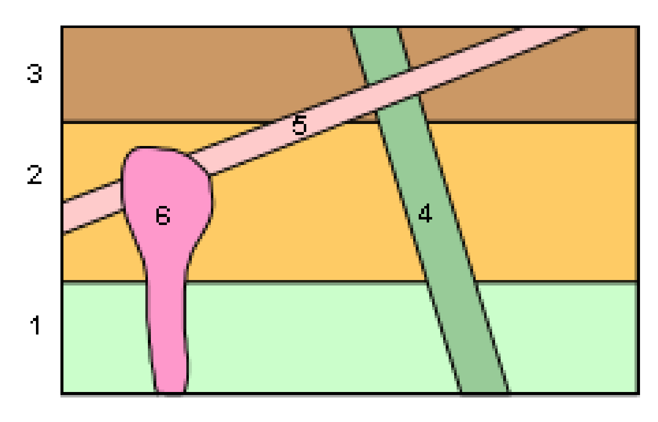
Le concept de Steno (1669) qui présente deux principes intimement liés apparaît simpliste, mais il est fondamental: les couches sédimentaires se sont d'abord déposées à l'horizontale (principe de l'horizontalité primaire); les couches se sont superposées les unes sur les autres, ce qui implique que celle qui est en-dessous d'une autre est plus vieille que cette dernière (principe de la superposition).

- **Principe de l'horizontalité primaire** des couches sédimentaires

- **Principe de superposition**.

Méthodes physiques de datation relative

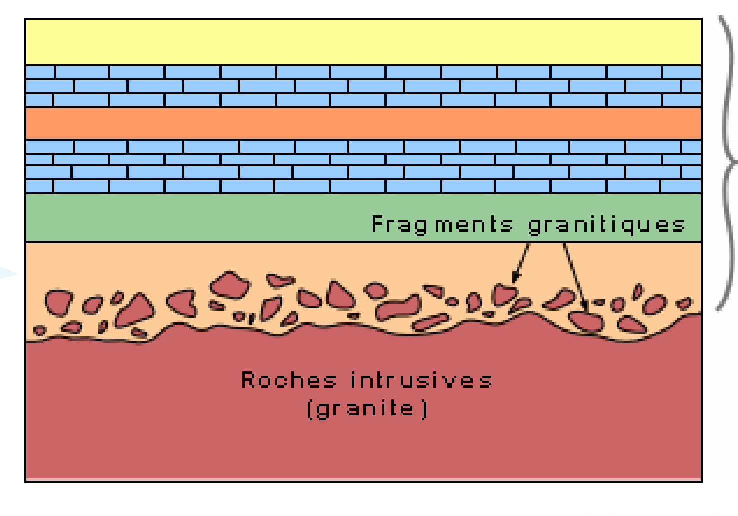
- **Principe de recoupement**: un corps rocheux qui en recoupe un autre est nécessairement plus jeune que celui qu'il recoupe.



Ici, l'âge relatif des couches 1, 2 et 3 est fourni par le principe de superposition. Les intrusifs 4, 5 et 6 sont plus jeunes que les couches sédimentaires horizontales dans lesquelles ils se sont introduits. De plus, comme le dyke 5 recoupe le dyke 4 et que l'intrusif 6 recoupe le dyke 5, on sait que 6 est plus jeune que 4, même si ces deux dykes ne se recoupent pas; l'ordre d'intrusion est donc 4, 5 et finalement 6.

Méthodes physiques de datation relative

- la **discordance d'érosion** représente aussi du temps géologique, mais du temps où, non seulement il n'y a pas eu de dépôt, mais où il y a eu érosion, suppression de dépôt.

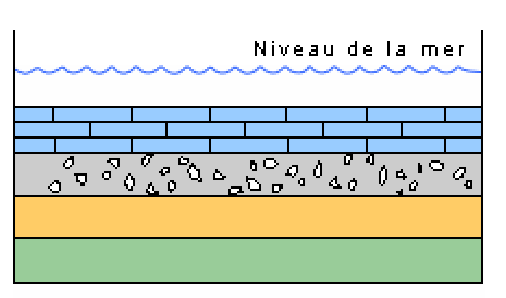


Couches sédimentaires

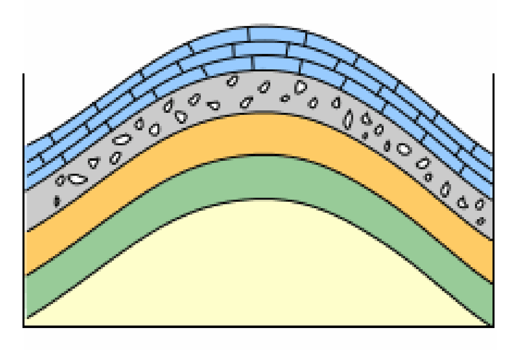
On a ici un contact irrégulier (discordant) entre une masse intrusive et une couche sédimentaire. Normalement, on serait enclin à conclure que l'intrusif est plus jeune que les couches qui l'entourent ou le recouvrent. Mais ici il faut voir que la roche sédimentaire, qui représente un ancien sédiment, contient des fragments du granite.

Cette situation implique que le granite a été exposé un jour à l'action de l'érosion et que les particules de granite arrachées au massif par l'érosion ont été incorporées dans le sédiment qui a recouvert le massif. Nécessairement, l'intrusif est plus vieux que les couches sédimentaires sus-jacentes.

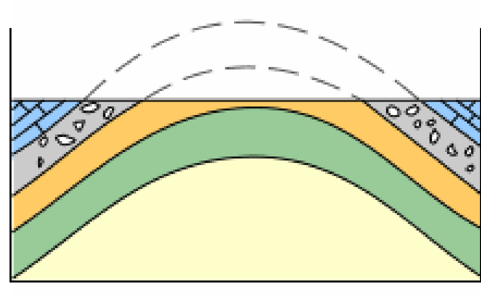
Discordance angulaire



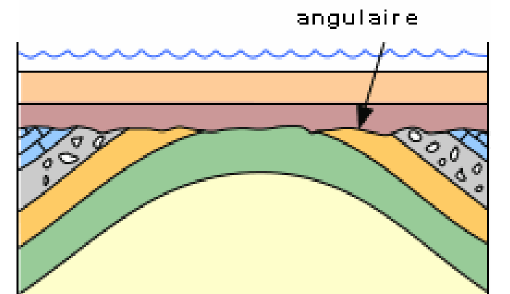
Dépôt
Les couches sédimentaires se déposent à l'horizontale



Plissement et soulèvement
Il est fréquent que les forces tectoniques de compression plissent ces couches originellement horizontales



Érosion
Les couches plissées sont subséquemment érodées et les reliefs aplanis



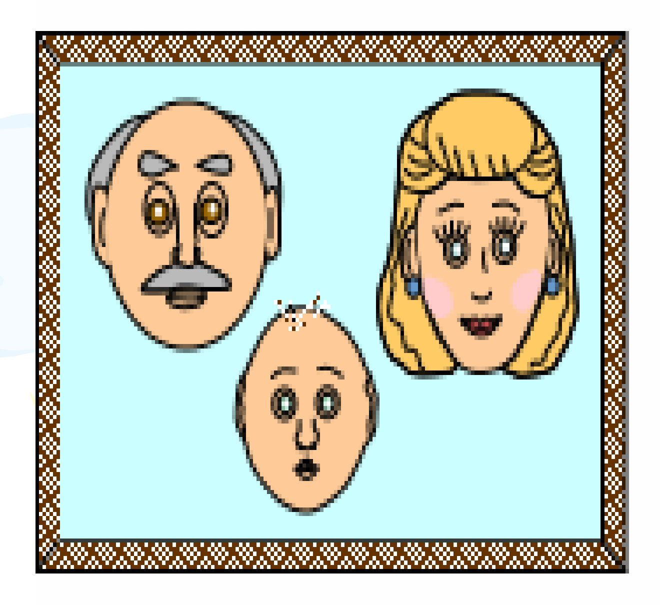
Nouveau dépôt
Si d'autres couches se déposent au-dessus, par exemple à la faveur d'un envahissement par la mer, il en résulte une relation d'angularité entre les deux ensembles. La surface qui sépare les deux ensembles est une discordance angulaire.

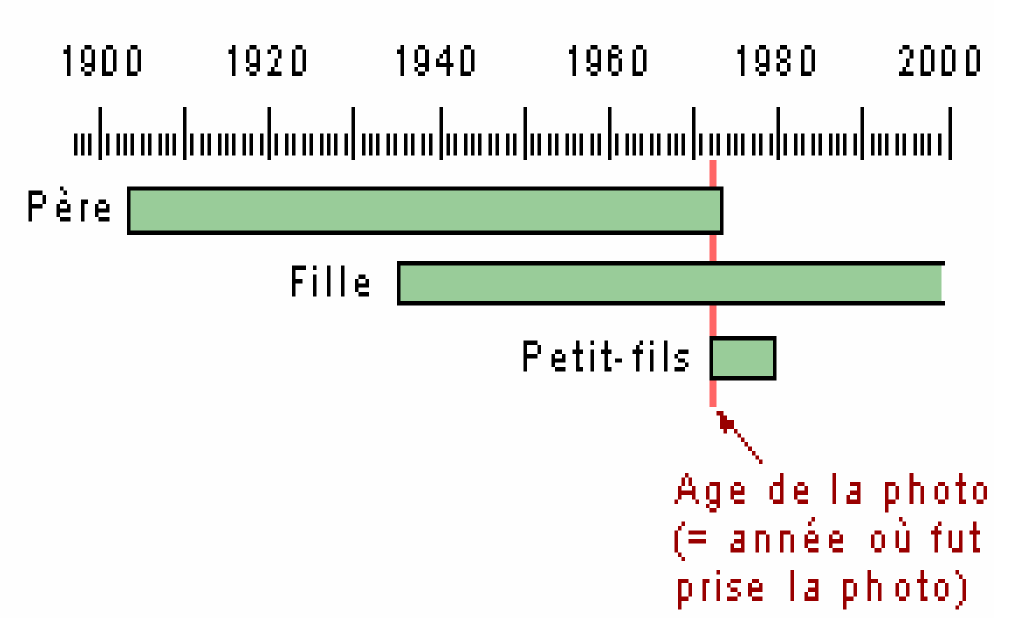
Méthodes paléontologiques de datation relative

- Chaque temps géologique était caractérisé par un assemblage de fossiles caractéristique

- Deux couches ont le même âge si elles referment le même assemblage de fossiles.

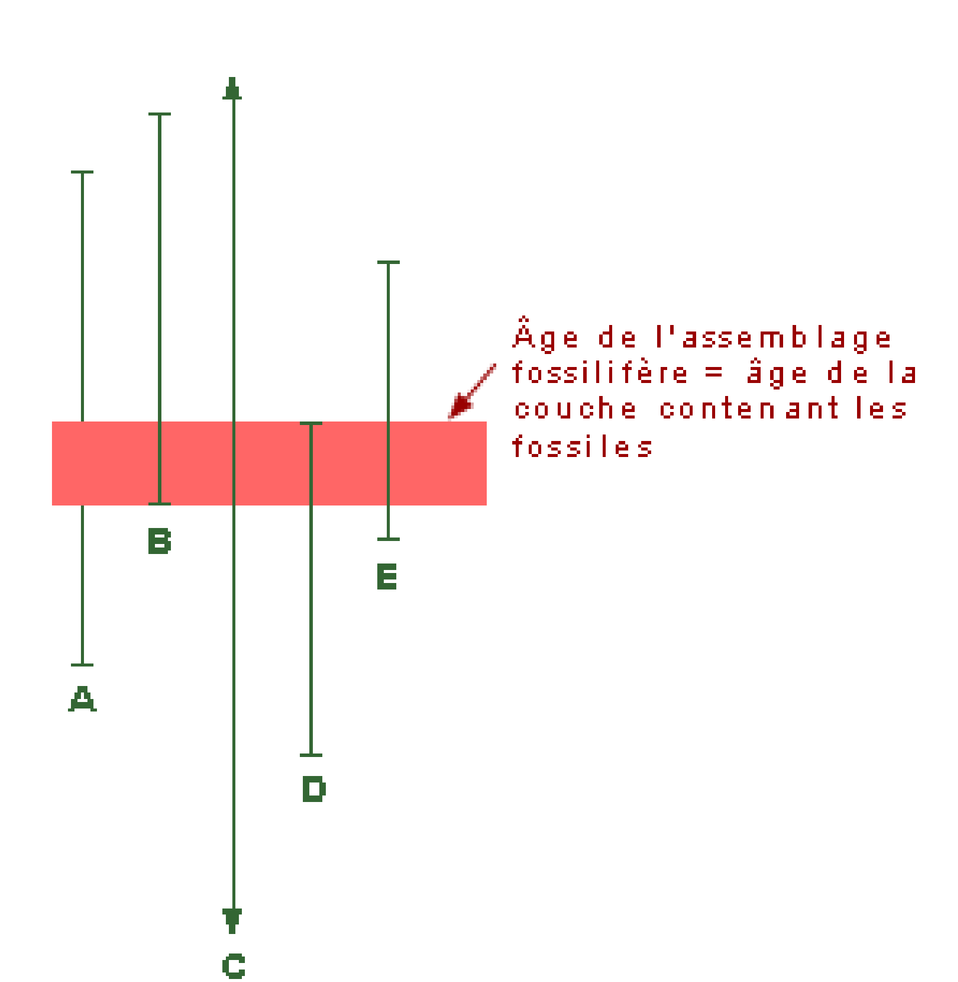
Photo de famille





Soit un assemblage de fossiles (A, B, C, D et E) qui se trouve dans une même couche

CARBONIFÈRE	Supérieur
	Inférieur
DÉVONIEN	Supérieur
	Moyen
	Inférieur
SILURIEN	Supérieur
	Inférieur
ORDOVICIEN	Supérieur
	Moyen
	Inférieur



Echelle relative des temps géologiques

ÈRES	PÉRIODES	ÉPOQUES
CÉNOZOÏQUE	QUATERNAIRE	Holocène (récent) Pléistocène
	TERTIAIRE	Pliocène Miocène Oligocène Éocène Paléocène
MÉSOZOÏQUE (Secondaire)	CRÉTACÉ	
	JURASSIQUE	
	TRIAS	
PALÉOZOÏQUE (Primaire)	PERMIEN	
	CARBONIFÈRE	
	DÉVONIEN	
	SILURIEN	
	ORDOVICIEN	
	CAMBRIEN	
PRÉCAMBRIEN	PROTÉROZOÏQUE	NÉO-
		MÉSO-
		PALÉO-
	ARCHÉEN	

Extinctions majeures

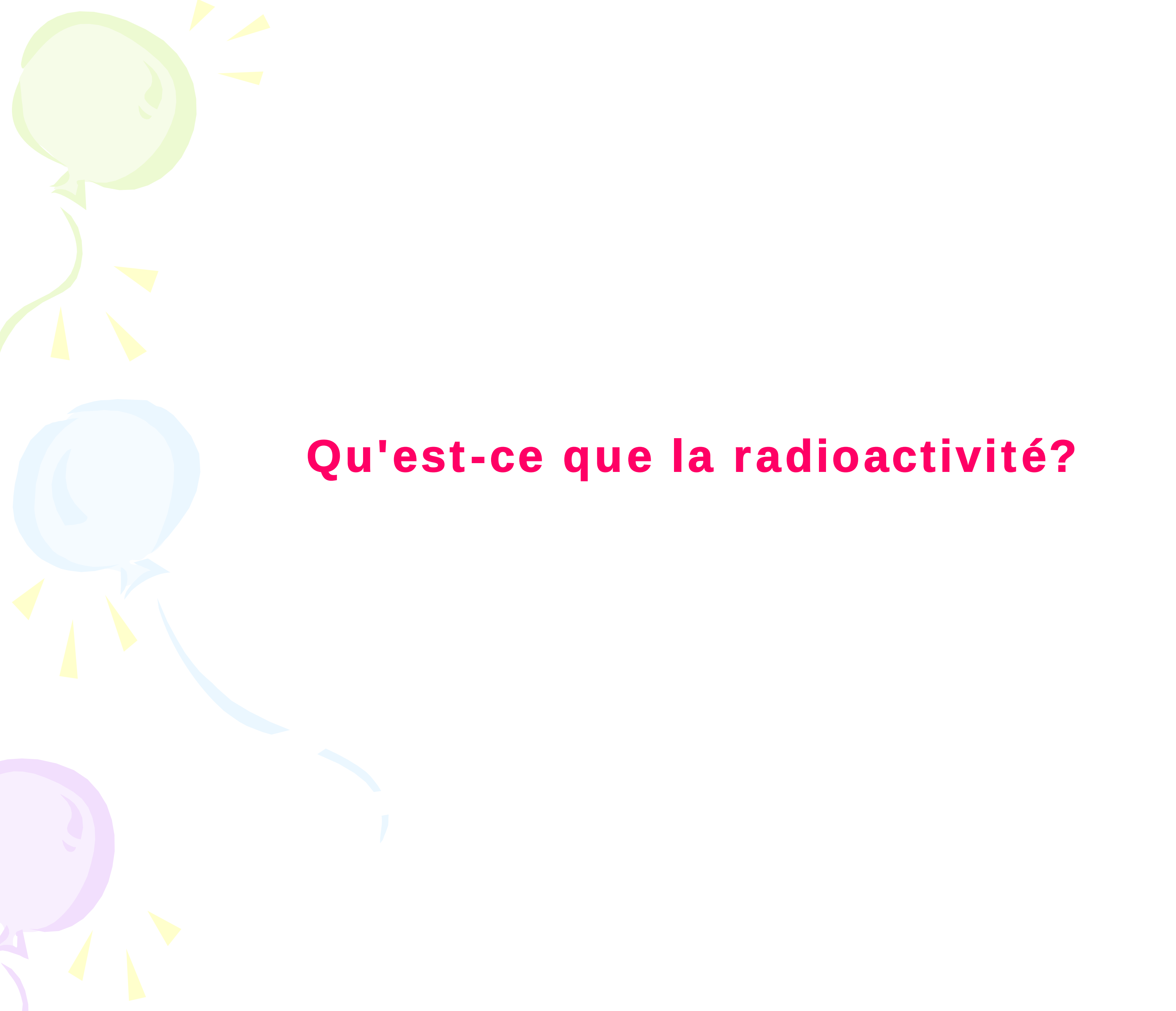
- Il n'y a aucun temps exprimé en nombre d'années
- Les limites entre les principales unités ont été établies principalement sur des changements fauniques importants (flèches rouges)
- la limite entre le Mésozoïque et le Cénozoïque correspond à la disparition de plusieurs groupes dont les dinosaures

Chaque période géologique porte un nom qui lui a été donné au 19e siècle par les géologues de l'Europe de l'Ouest ou de Grande Bretagne : le Cambrien (Cambria, le nom romain du Pays de Galles), l'Ordovicien et le Silurien (d'après le nom des tribus Ordovices et Silures, qui vivaient au pays de Galles durant la conquête romaine), le Dévonien (d'après le Devonshire Country en Angleterre où ces roches furent étudiées pour la première fois), le Carbonifère (roches riches en charbon), le Permien (d'après la province de Perm, en Russie, où ces roches furent étudiées pour la première fois), le Trias (roches qui se divisent en trois unités en Europe), le Jurassique (d'après le Jura en France et en Suisse où des roches de cet âge furent étudiées pour la première fois), le Crétacé (creta, mot latin pour craie; appliqué pour la première fois à des falaises blanches le long de la Manche).

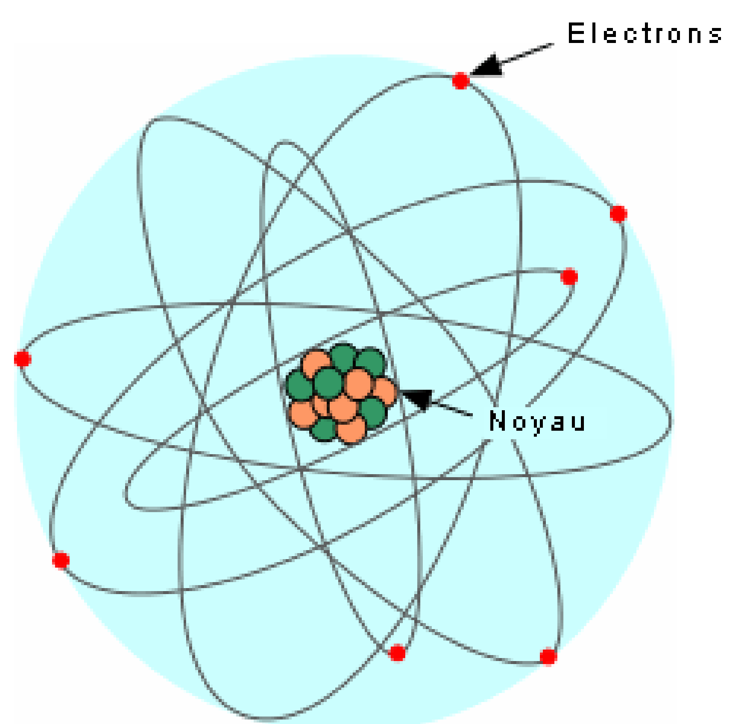
DATATIONS RADIOMETRIQUES

Datations Radiométriques

- les méthodes de datation relatives, principalement par les fossiles, n'ont pas permis d'obtenir une idée du temps géologique réel
- la datation radiométrique, utilise certains éléments chimiques qui ont la propriété de se désintégrer radioactivement
- En calculant le temps qu'a mis une certaine portion d'un élément contenu dans un minéral à se désintégrer, on obtient l'âge de formation de ce minéral.



Qu'est-ce que la radioactivité?



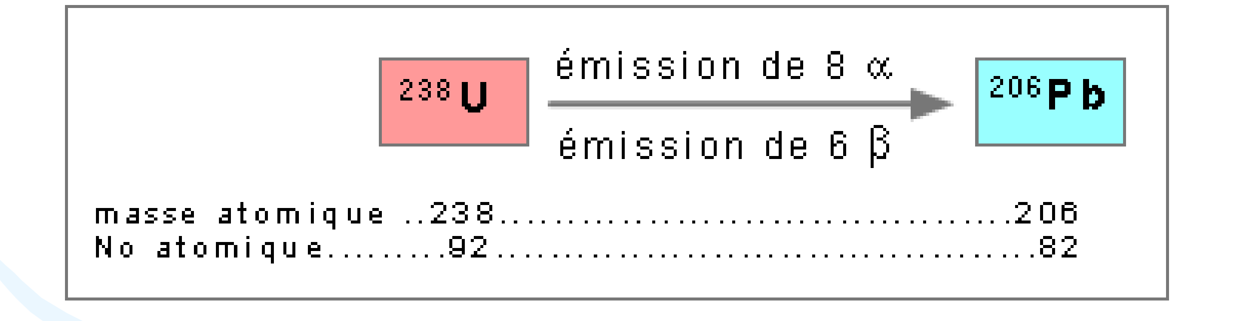
Masse atomique = noyau = nombre de protons (+) + nombre de neutrons (-)
Numéro atomique = nombre de protons (+)

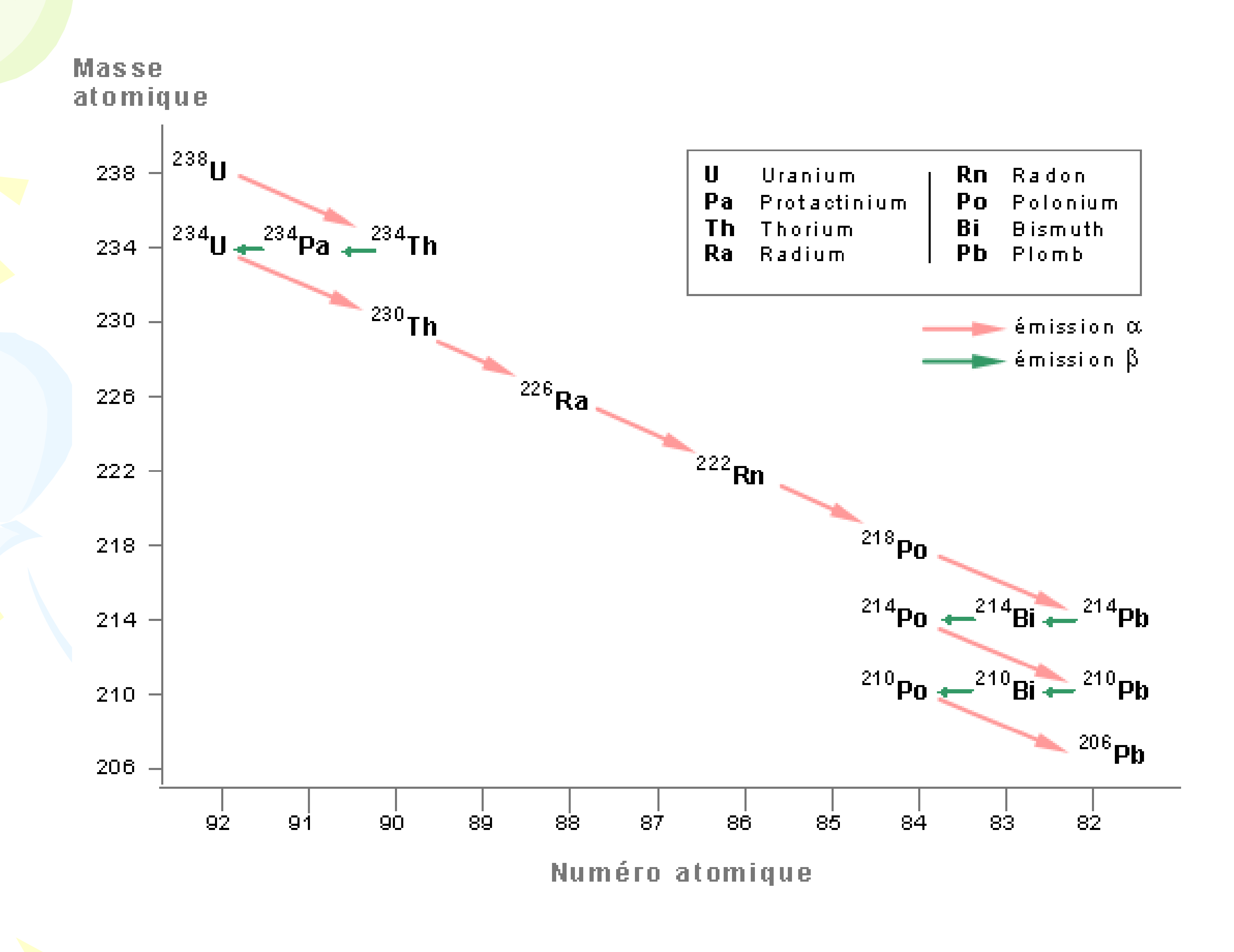
La radioactivité est due à l'instabilité du noyau qui se désintègre par émission d'énergie, principalement sous deux formes:

particule α = 2 protons (+) + 2 neutrons (±) :;
particule β = 1 électron (-) :

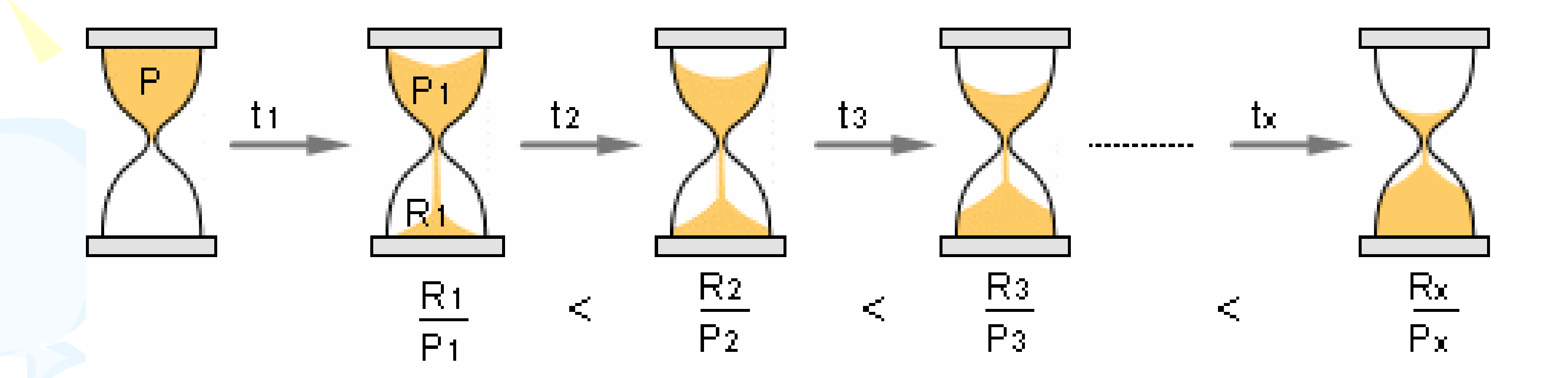
Exemple :

Désintégration de l'uranium 238 (238U) en plomb 206 (206Pb)




Masse atomique
238
234
230
226
222
218
214
210
206
238U
234U
234Pa
234Th
230Th
226Ra
222Rn
218Po
214Po
214Bi
214Pb
210Po
210Bi
210Pb
206Pb
U Uranium
Pa Protactinium
Th Thorium
Ra Radium
Rn Radon
Po Polonium
Bi Bismuth
Pb Plomb
émission α
émission β
92
91
90
89
88
87
86
85
84
83
82
Numéro atomique





- La valeur du rapport R sur P est donc fonction du temps de désintégration
- Le taux de désintégration est différent d'un type de désintégration à l'autre, mais toujours le même pour une désintégration donnée

- Comme on connaît bien les constantes de désintégration pour les diverses réactions qu'on utilise couramment, on est capable de calculer le temps de désintégration pour une valeur donnée du rapport R sur P, à l'aide de ces constantes

Exemple pratique

- Soit une minéral « Zircon »($ZrSiO_4$). Dans ce minéral, une certaine quantité du zirconium « Zr » peut être remplacée par l'uranium, ce qui rend le minéral utile pour les datations
- L'uranium va commencer, à ce moment, à se désintégrer radioactivement
- En déterminant le rapport plomb sur uranium (rejeton/parent) par analyse en spectrométrie de masse dans un zircon donné, lequel zircon se trouve par exemple dans un granite, on peut calculer depuis combien de temps se fait la désintégration ou, en d'autres termes, depuis combien de temps a cristallisé le zircon (l'âge de formation du granite)

Exemples de désintégrations couramment utilisées

PARENT	REJETON	DEMIE-VIE
238 Uranium	206 Plomb	4,5 milliards d'années
87 Rubidium	87 Strontium	47 milliards d'années
40 Potassium	40 Argon	1,3 milliards d'années
14 Carbone	14 Azote	5730 années



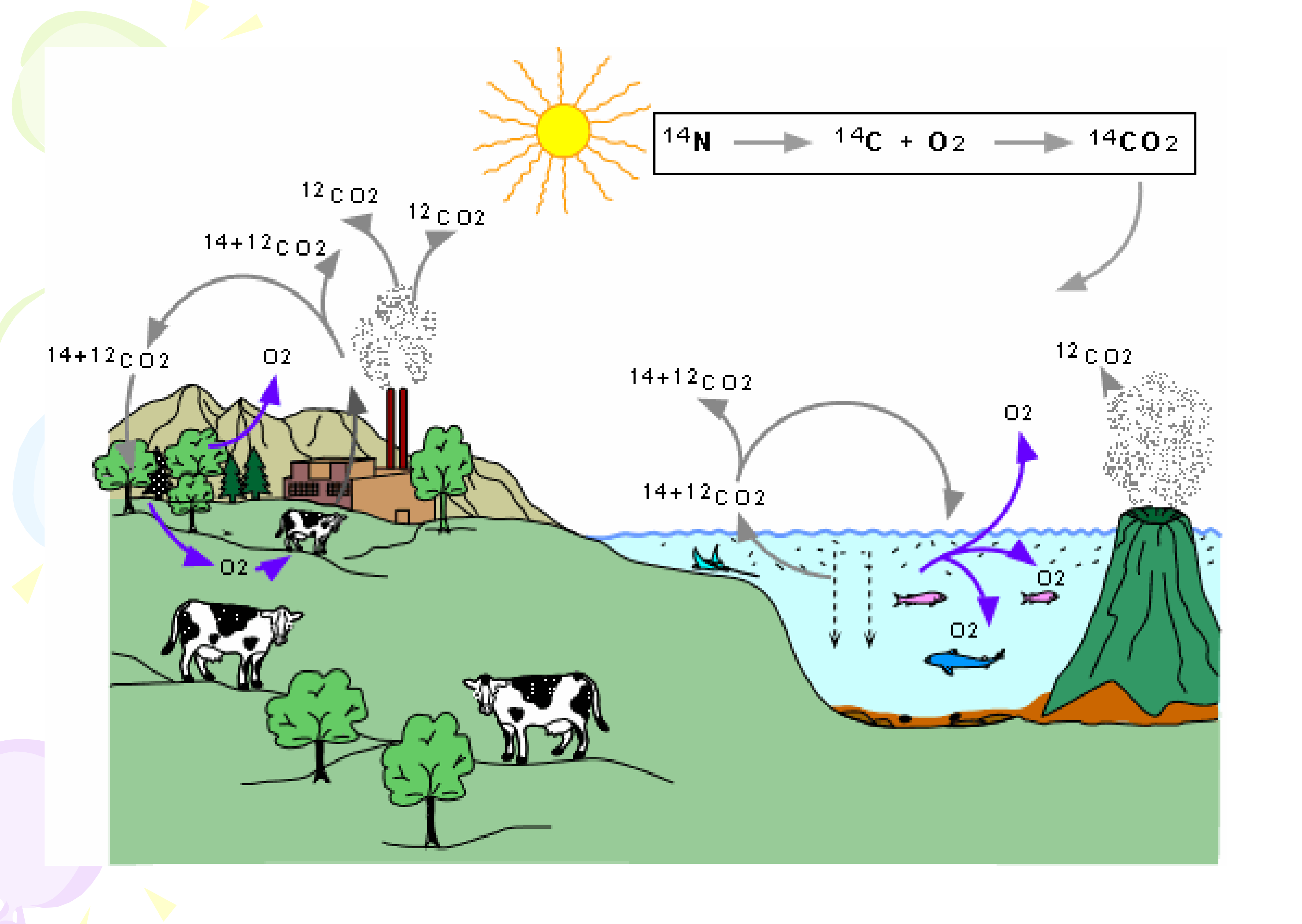
Carbone-14?

- Le carbone qui est présent majoritairement a une masse atomique de 12 : le 12C. En effet, il représente 98,89% de la proportion totale ! Afin de former du CO2, ce carbone se combine au dioxygène de l'atmosphère : cela donne du 12C02.
- Mais il existe aussi du carbone 13, et bien sûr du carbone 14 ! Ces différents carbones sont appelés des isotopes, car ils détiennent le même nombre de protons mais leur nombre de neutrons diffèrent.
  Il existe deux types d'isotopes :
  - **le carbone 12 (98,89%) et le carbone 13 (1,108%) sont dit "stables"** : ils ne sont pas radiocatifs.
  - **le carbone 14 (seulement 1,2*10-12) qui est radioactif**, qui peut donc être utilisé dans les datations grâce à ses propriétés particulières

Comment le C14 est présent dans les êtres vivants

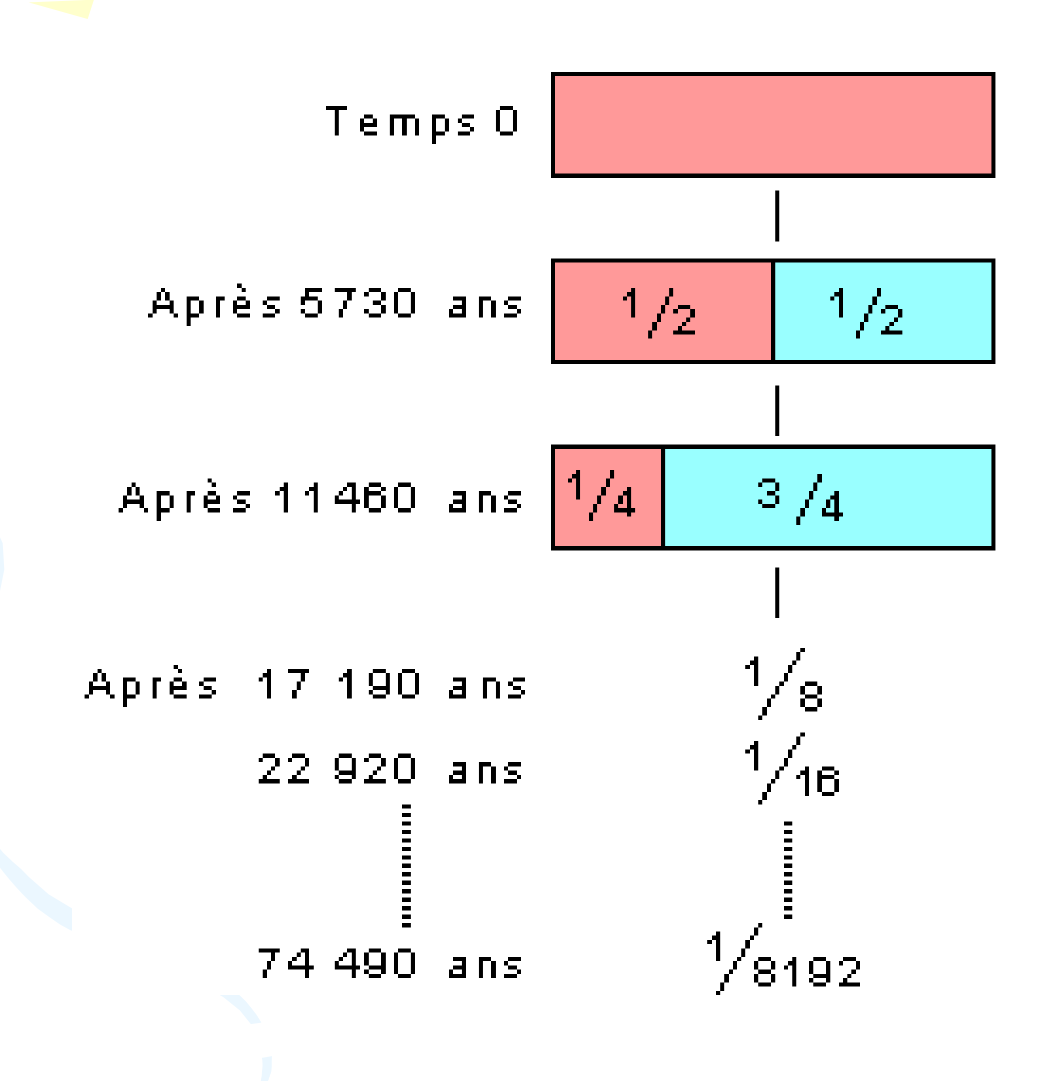
- Les gaz de la haute atmosphère sont bombardés par les rayons cosmiques : l'azote, qui est le principal composant de ces gaz, qui a une masse atomique de 14 (14N), se transforme alors en 14C, puis se combine avec le dioxygène pour former du 14CO2. Ce 14CO2 se mélange alors au 12CO2, qui vient des volcans ou même de la combustion d'hydrocarbures, et est par la suite "capté" par tous les organismes vivants.

- La photosynthèse des végétaux nécessite en effet du CO2 atmosphérique, mélange de 12CO2 et de 14CO2, et tous les animaux ou êtres humains consomment ces végétaux. **Ainsi tous les corps organiques terrestres contiennent du carbone 14, en infime quantité, et c'est seulement ce carbone qui sera utilisé dans les datations radioactives.**



$^{14}N \rightarrow {}^{14}C + O_2 \rightarrow {}^{14}CO_2$
$^{12}CO_2$
$^{12}CO_2$
$^{14+12}CO_2$
$^{14+12}CO_2$
O_2
O_2
$^{14+12}CO_2$
$^{14+12}CO_2$
$^{12}CO_2$
O_2
O_2
O_2

- Le 14C est en effet une méthode très utile pour la datation de certains matériaux géologiques, et particulièrement de matériaux archéologiques.
- La méthode utilise la réaction de désintégration du carbone-14 en azote-14



Temps 0
Après 5730 ans
1/2
1/2
Après 11460 ans
1/4
3/4
Après 17 190 ans
1/8
22 920 ans
1/16
74 490 ans
1/8192

- l'âge que l'on obtient avec la méthode du 14C, c'est l'âge de la mort de l'organisme (du bois, des coquillages, de la tourbe, des tissus de lin, cotton, laine, etc...).
- la proportion 14C/12C a changé avec le temps géologique d’où correction
- cette méthode ne s'applique qu'aux **matériaux qui ont déjà été vivants**, comme du bois, des coquilles, du lin, etc
- Avec le 14C, la demie-vie est de 5730 ans
- Le 14C une méthode très utile en archéologie et en histoire
- La méthode est aussi utilisée en géologie des dépôts superficiels qui souvent sont plus jeunes que la limite de 75 000 ans